

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN DOSEN PEMULA**



**OTOMASI SISTEM HIDROPONIK WICK  
PADA PEMBIBITAN TANAMAN TOMAT CERI**

**Ketua : Ira Puspasari, S.Si., M.T. (NIDN 0710078601)**

**Anggota 1 : Yosefine Triwidyastuti, M.T. (NIDN 0729038504)**

**Anggota 2 : Harianto, S.Kom., M.Eng. (NIDN 0722087701)**

**INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA**

**Oktober 2017**

**Dibiayai oleh:**

**Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
Sesuai dengan Kontrak Penelitian  
Nomor: 079/SP2H/K2/KM/2017**

**KONTRAK PENELITIAN**  
**Penelitian Dosen Pemula**  
**Tahun Anggaran 2017**  
**Nomor: 004/ST-PPM/KPJ/V/2017**

Pada hari ini Selasa tanggal Enam Belas bulan Mei tahun Dua Ribu Tujuh Belas, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. **Tutut Wuriyanto, M. Kom** : Kepala Bagian Penelitian & Pengabdian Masyarakat (PPM), Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya yang berkedudukan di Jalan Raya Kedung Baruk 98 Surabaya, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Ira Puspa Sari, S.Si., M.T** : Dosen Prodi S1 - Sistem Komputer Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2017 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA** dan mempunyai anggota peneliti sebagai berikut :
  - Yosefine Tri Widyastuti, M.T.
  - Harianto, S.Kom., M.Eng.

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2017 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1**  
**Ruang Lingkup Kontrak**

**PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2017 dengan judul Otomasi Sistem Hidroponik Wick Pada Pembibitan Tanaman Tomat Ceri.

**Pasal 2**  
**Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp. 20.000.000,- (**Dua Puluh Juta Rupiah**) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2017, tanggal 07 Desember 2016.

### Pasal 3

#### Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
  - a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu  $70\% \times \text{Rp. } 20.000.000,- = \text{Rp. } 14.000.000,-$  (*Empat Belas Juta Rupiah*), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK PERTAMA** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
  - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu  $30\% \times \text{Rp. } 20.000.000,- = \text{Rp. } 6.000.000,-$  (*Enam Juta Rupiah*), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke SIMLITABMAS yaitu Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian dan Catatan Harian.
  - c. Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar luaran penelitian yang sudah di validasi oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama	: Ira Puspasari
Nomor Rekening	: 6730238515
Nama Bank	: Bank Central Asia (BCA)

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

### Pasal 4

#### Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 3 April 2017** dan berakhir pada **Tanggal 31 Oktober 2017**.

### Pasal 5

#### Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa Purwarupa produk teknologi tepat guna dengan TKT skala 6, Karya ilmiah telah di-submit ke jurnal nasional.
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa Menjadi pemakalah dalam temu ilmiah nasional.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.



## Pasal 6

### Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
  - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7;
  - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
  - a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
  - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran Penelitian Dosen Pemula dengan judul Otomasi Sistem Hidroponik Wick Pada Pembibitan Tanaman Tomat Ceri dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
  - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
  - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

## Pasal 7

### Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan dan Catatan harian penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat **30 Agustus 2017**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan dan Rekapitulasi Penggunaan Anggaran 70% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **8 September 2017**.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profil pada SIMLITABMAS paling lambat **30 Oktober 2017** (bagi penelitian tahun terakhir).
- (5) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
  - a. Bentuk/ukuran kertas A4;
  - b. Di bawah bagian cover ditulis:

Dibiayai oleh:

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
Sesuai dengan Kontrak Penelitian  
Nomor: 079/SP2H/K2/KM/2017

## **Pasal 8** **Monitoring dan Evaluasi**

**PIHAK PERTAMA** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2017 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

## **Pasal 9** **Penilaian Luaran**

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

## **Pasal 10** **Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan**

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

## **Pasal 11** **Penggantian Ketua Pelaksana**

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

## **Pasal 12** **Sanksi**

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.



- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

### **Pasal 13** **Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Peneliti sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

### **Pasal 14** **Pajak-Pajak**

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

### **Pasal 15** **Peralatan dan/alat Hasil Penelitian**

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

### **Pasal 16** **Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

### **Pasal 17** **Lain-lain**

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.

- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



PENELITI  
MAKASSAR  
PENGABDIAN  
**stikom**

Tutut Wuriyanto, M.Kom  
NIDN: 0703056702

PIHAK KEDUA



Ira Puspa Sari, S.Si., M.T  
NIDN: 0710078601

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknologi & Informatika



**stikom**  
Dr. Jusak  
NIDN: 0708017101

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul	: Otomasi Sistem Hidroponik Wick Pada Pembibitan Tanaman Tomat Ceri
<b>Peneliti/Pelaksana</b>	
Nama Lengkap	: IRA PUSPASARI,
Perguruan Tinggi	: Institut Bisnis dan Informatika STIKOM Surabaya
NIDN	: 0710078601
Jabatan Fungsional	: Tidak Punya
Program Studi	: Sistem Komputer
Nomor HP	: 0856481194805
Alamat surel (e-mail)	: ira@stikom.edu
<b>Anggota (1)</b>	
Nama Lengkap	: YOSEFINE TRIWIDYASTUTI S.T, M.T
NIDN	: 0729038504
Perguruan Tinggi	: Institut Bisnis dan Informatika STIKOM Surabaya
<b>Anggota (2)</b>	
Nama Lengkap	: Mr HARIANTO S.Kom, M.Eng
NIDN	: 0722087701
Perguruan Tinggi	: Institut Bisnis dan Informatika STIKOM Surabaya
<b>Institusi Mitra (jika ada)</b>	
Nama Institusi Mitra	: -
Alamat	: -
Penanggung Jawab	: -
Tahun Pelaksanaan	: Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan	: Rp 20,000,000
Biaya Keseluruhan	: Rp 20,000,000

Mengetahui,  
Dekan FTI



(Dr. Jusak)  
NIP/NIK 960169

Kota Surabaya, 30 - 10 - 2017  
Ketua,

( IRA PUSPASARI, )  
NIP/NIK 090681

Menyetujui,  
Kabag PPM



(Tutut Wuriyanto, M.Kom.)  
NIP/NIK 900036



## RINGKASAN

Pemeliharaan sistem hidroponik wick membutuhkan tenaga ekstra untuk mengontrol kondisi tanaman secara manual. Untuk menghasilkan bibit yang unggul, diperlukan beberapa faktor yang harus dipenuhi, antara lain: nilai pH dan Electrical Conductivity (EC) larutan nutrisi, suhu dan kelembaban udara. Berdasarkan pengujian sistem hidroponik *wick*, diperoleh beberapa hasil. Hasil pengujian kendali suhu dengan menerapkan parameter Kp, Ki, Kd sebesar 3, 2, dan 10, memiliki nilai *overshoot* 1,17%. Hasil pengujian kendali kelembaban, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *set point* 80% selama 150 detik. Hasil pengujian kendali pH menunjukkan respon waktu sensor pH dalam membaca perubahan nilai pH dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Sensor pH telah membaca nilai pH kurang dari 5,5, dan mampu mengubah kondisi *relay* untuk melakukan pengurasan wadah hidroponik. Hasil kendali EC menunjukkan bahwa berdasarkan variasi waktu, semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pencampuran menjadi nutrisi dengan nilai EC  $2000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ . Hasil pengujian perkembangan tanaman, didapatkan bahwa laju ketinggian tanaman tomat ceri dengan menggunakan sistem sebesar 2,675 cm/minggu, sedangkan pada tanaman tanpa sistem sebesar 0,2 cm/minggu. Berdasarkan pengamatan jumlah daun, pada tanaman tomat ceri dengan sistem memiliki perkembangan jumlah daun per minggu sebanyak 2 lembar, sedangkan pada tanaman tomat ceri tanpa sistem sebanyak 0 lembar. Luaran penelitian ini berupa paper yang telah diterima dalam Seminar Nasional yang telah dipresentasikan pada Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (SNTEKPAN V) pada tanggal 19 Oktober 2017, dan jurnal nasional terakreditasi JNTETI yang telah disubmit pada 27 Oktober 2017.

Kata Kunci: hidroponik, sistem wick, pembibitan tomat ceri, otomasi

## **PRAKATA**

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah SWT bahwa penelitian Hibah Dosen Pemula yang dibiayai oleh DIKTI untuk tahun ke-1 dari tahun 1 untuk anggaran 2017 dapat berjalan dengan baik dengan segala kekurangan dan kelebihan. Laporan Akhir ini merupakan cerminan dari pelaksanaan penelitian dan juga sebagai laporan pertanggungjawaban pelaksana peneliti. Secara keseluruhan 100% dari kegiatan penelitian telah terlaksana dengan baik.

Dalam laporan akhir ini termuat hasil penelitian berupa: (1) Hasil pengujian mikrokontroler Arduino Mega 2560 pada sistem, (2) Hasil pengujian pada sensor modul SHT11 yang dibaca oleh Arduino Mega 2560, (3) Hasil Sistem pengendali PID dapat mengatur suhu secara stabil sehingga sesuai dengan syarat tumbuh tomat ceri dengan set poin 24oC, (3) Hasil uji coba sensor EC, (4) Hasil uji coba sensor pH, (5) Hasil pengujian ketinggian tanaman berdasarkan umur tanam.

Kami berharap agar hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat berperan dalam membantu meningkatkan peran Teknologi Informasi (TI) bagi dunia pertanian di Indonesia.

Surabaya, Oktober 2017

Ira Puspasari, S.Si., M.T.

## DAFTAR ISI

RINGKASAN .....	i
PRAKATA.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
BAB 1.    PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
BAB 2.    TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Teknik Hidroponik Sistem Sumbu (Wick).....	4
2.2. Budidaya Tanaman Tomat Ceri .....	4
2.3. Mikrokontroler .....	5
2.4. Sensor .....	6
2.4.1. Sensor pH .....	6
2.4.2. Sensor EC .....	6
2.4.3. Sensor SHT11 .....	7
2.5. Electric Solenoid Valve.....	7
2.6. Pengkondisi Suhu .....	8
2.7. Metode PID ( <i>Proportional Integral Derivative</i> ).....	8
BAB 3.    TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	11
3.1. Tujuan Penelitian.....	11
3.2. Manfaat Penelitian.....	11
BAB 4.    METODE PENELITIAN .....	12
4.1. Diagram Blok .....	12
4.2. Studi Pendahuluan.....	13
4.3. Perancangan Sistem.....	13
4.3.1. Perancangan Mekanik.....	13
4.3.2. Perancangan Elektronik.....	19
4.4. Analisis Sistem.....	26
BAB 5.    HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI .....	28



5.1. Hasil Pengujian Mikrokontroler.....	28
5.2. Hasil Pengujian Modul Sensor SHT11 .....	29
5.3. Hasil Pengujian Aktuator Pengkondisi Suhu Udara .....	31
5.4. Hasil Pengujian Kelembaban .....	33
5.5. Hasil Pengujian Sensor EC .....	33
5.5. Hasil Pengujian Sensor pH.....	37
5.6. Hasil Uji Sistem Integrasi Hidroponik Terhadap Proses Pembibitan Tomat Ceri.....	39
5.7. Luaran Penelitian.....	40
<b>BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>42</b>
6.1. Kesimpulan.....	42
6.2. Saran.....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>45</b>
Lampiran A. Instrumen .....	45
Lampiran B1. Biodata Ketua Tim .....	50
Lampiran B2. Biodata Anggota 1 .....	55
Lampiran B3. Biodata Anggota 2 .....	59
Lampiran B4. Biodata Laboran 1 .....	63
Lampiran B5. Biodata Laboran 2 .....	64
Lampiran C. Artikel Ilmiah.....	66
Lampiran D. Publikasi.....	80
Lampiran E. Lain- Lain (Media) .....	81

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1. Rangkaian Pin pada Sistem Suhu dan Kelembaban .....	23
Tabel 5.1. Unjuk Kerja Kendali Suhu.....	33
Tabel 5.2. Hasil Pengamatan Ketinggian Tanaman Tomat Ceri .....	39
Tabel 5.3 Hasil Pengamatan Jumlah Daun Tanaman Tomat Ceri .....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Sistem Hidroponik Wick.....	4
Gambar 2.2. Buah Tomat Ceri.....	5
Gambar 2.3. Arduino Mega 2560 .....	6
Gambar 2.4. Sensor pH.....	6
Gambar 2.5. Sensor EC Atlas Scientific K 1.0 .....	7
Gambar 2.6. Sensor SHT11 .....	7
Gambar 2.7. Electric Solenoid Valve .....	8
Gambar 2.8. Pengkondisi Suhu Udara.....	8
Gambar 2.9. Diagram Blok Kontrol PID .....	9
Gambar 2.10. Diagram Blok Kontrol Proporsional .....	9
Gambar 2.11. Diagram Blok Kontrol Integral .....	10
Gambar 2.12. Diagram Blok Kontrol Derivatif .....	10
Gambar 4.1. Diagram Blok Penelitian Secara Keseluruhan .....	12
Gambar 4.2. Diagram Blok Penelitian.....	15
Gambar 4.3. Desain Wadah Hidroponik Tampak Keseluruhan .....	16
Gambar 4.4. Desain Wadah Hidroponik Tampak Depan .....	16
Gambar 4.5. Desain Sistem Hidroponik Tampak Dalam .....	17
Gambar 4.6. Desain Sistem Hidroponik Tampak Samping.....	17
Gambar 4.7. Hasil Rancang Bangun Sistem Hidroponik Tampak Keseluruhan .....	18
Gambar 4.8 Hasil Rancang Bangun Wadah untuk pembibitan .....	18
Gambar 4.9 Diagram Blok Perancangan Elektronik.....	19
Gambar 4.10 Rangkaian mikrokontroler untuk mengatur suhu dan kelembaban. ....	20
Gambar 4.11 Rangkaian mikrokontroler untuk mengatur EC dan pH. ....	20
Gambar 4.12. <i>Flow chart</i> keseluruhan sistem. ....	21
Gambar 4.13. Diagram Blok Sistem Pengaturan Suhu.....	24
Gambar 4.14. Diagram Blok Sistem Pengendali PID.....	24
Gambar 4.15. Cuplikan Program Sistem Pengendali PID .....	25
Gambar 4.16. Diagram Blok Sistem Pengaturan Kelembaban.....	25
Gambar 4.17. Diagram Blok Sistem Pengaturan EC.....	26
Gambar 4.18. Diagram Blok Sistem Pengaturan pH.....	26
Gambar 5.1. Proses <i>Upload</i> Berhasil pada Arduino .....	28



Gambar 5.2 Keluaran pada Jendela <i>Serial Monitor</i> .....	29
Gambar 5.3. Cuplikan Program Modul Sensor SHT11 .....	30
Gambar 5.4. Keluaran <i>Serial Monitor</i> dari SHT11.....	30
Gambar 5.5. Hasil Pengendalian Suhu dengan PID pada Siang Hari.....	31
Gambar 5.6. Hasil Pengendalian Suhu dengan PID pada Malam Hari .....	31
Gambar 5.7. Hasil Pengendalian Suhu tanpa PID pada Siang Hari.....	32
Gambar 5.8. Grafik Perbandingan Hasil Pengendalian Suhu .....	32
Gambar 5.9 Grafik hasil uji coba kelembaban.....	33
Gambar 5.10. Cuplikan Program Pengendalian EC.....	34
Gambar 5.11. Keluaran <i>Serial Monitor</i> dari Sensor EC .....	34
Gambar 5.12. Percobaan Pengukuran Sensor EC .....	35
Gambar 5.13 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan pertama di mana katup air membuka selama 100 detik.....	36
Gambar 5.14 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan kedua di mana katup air membuka selama 125 detik. ....	36
Gambar 5.15 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan ketiga di mana katup air membuka selama 150 detik. ....	36
Gambar 5.16. Cuplikan Program Pengendalian pH.....	37
Gambar 5.17 Grafik uji coba sensor dengan nilai pH = 7. ....	38
Gambar 5.18 Grafik uji coba sensor dengan perlakuan penambahan larutan asam untuk mencapai pH kurang dari 5,5. ....	39
Gambar 5.21. Penerimaan Artikel Seminar Nasional .....	40

# **BAB 1. PENDAHULUAN**

## **1.1. Latar Belakang**

Hidroponik merupakan salah satu bagian dari hydro-culture. Metode hidroponik menggunakan larutan nutrisi mineral dalam air tanpa tanah untuk menumbuhkan tanaman. Tanaman terestrial dapat tumbuh dengan akar mereka berada dalam larutan nutrisi mineral saja atau dalam media lembam, seperti perlit, kerikil wol mineral, tanah liat atau sabut kelapa. Teknik hidroponik dibagi menjadi enam jenis, yaitu Wick, Deep Water Culture (DWC), EBB dan Flow (Flood & Drain), Drip (recovery atau nonrecovery), Nutrient Film Technique (NFT) dan Aeroponik. Ada ratusan variasi pada sistem hidroponik, tetapi semua metode hidroponik adalah variasi dan kombinasi dari enam jenis dasar (Domingues dkk, 2012).

Teknologi Hidroponik Sistem Sumbu (wick) adalah salah satu sistem budidaya tanaman secara hidroponik yang dikembangkan dari water culture. Metode penanaman ini memanfaatkan kolam berukuran besar dengan volume larutan hara yang besar pula, sehingga dapat menekan fluktuasi konsentrasi larutan hara. Pada sistem ini tidak dilakukan sirkulasi larutan hara, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap ketersediaan energi listrik. Kesederhanaan Wick secara teknis inilah yang menjadikan teknologi ini akan mudah diaplikasikan oleh petani.

Peluang usaha budidaya tanaman tomat ceri hidroponik saat ini masih terbuka cukup lebar karena tergolong baru. Tomat ceri menjadi pilihan karena rasanya yang manis, crispy, berwarna merah dan ukurannya mini. Tanaman tomat ceri bisa dipanen 2-3 bulan dan pemeliharaannya ringan dan mudah. Hasil keuntungan bisa mencapai 50-150% dari biaya produksi yang dikeluarkan dalam setiap musim (Gunawan, 2009).

Ada dua variabel utama yang harus dipertimbangkan ketika menumbuhkan tanaman dalam larutan nutrisi, yaitu konduktivitas listrik / Electrical Conductivity (EC) dan potensi ion hidrogen (pH). Perubahan tingkat pH akan berpengaruh terhadap aktivitas fotosintesis tanaman, karena CO<sub>2</sub> mudah larut dalam air dan menurunkan pH. Pertumbuhan maksimal tanaman dapat dicapai dengan meningkatkan kapasitas CO<sub>2</sub>. Karena nilai pH dapat memberikan pengaruh terhadap aktivitas fotosintesis tanaman, tingkat pH dalam larutan air harus dikontrol untuk menghindari tanaman akan rusak (Saaïd dkk, 2015).

Konsentrasi total ion dari larutan nutrisi juga menentukan pertumbuhan, pengembangan dan produksi tanaman. Konduktivitas listrik (EC) larutan hara di hidroponik dapat mewakili jumlah total garam dalam larutan nutrisi yang juga merupakan indikator

jumlah ion untuk tanaman. Nilai EC yang ideal adalah spesifik untuk setiap tanaman dan tergantung pada 3 kondisi lingkungan. Nilai EC yang tinggi menghambat serapan hara dengan meningkatkan tekanan osmotik, sedangkan nilai EC yang rendah dapat mempengaruhi kesehatan tanaman (Ibrahim dkk, 2015). Oleh karena itu, pengelolaan solusi EC di hidroponik tentu diperlukan untuk menjaga hasil produksi yang tinggi dan juga mencegah penggunaan yang berlebihan dari larutan nutrisi. Manajemen yang tepat dari EC pada larutan nutrisi dapat menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan kualitas tanaman.

Selain parameter pH dan EC, nilai suhu dan kelembaban udara di lingkungan tanam hidroponik juga mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Gruda, 2009). Metode konvensional akan membutuhkan tenaga kerja untuk mengontrol secara manual. Oleh karena itu, dalam penelitian ini nilai pH, EC, suhu dan kelembaban secara otomatis dipantau oleh sensor.

Untuk meningkatkan hasil serta mendapatkan hasil yang maksimal pada tanaman tomat maka diperlukan kestabilan dengan nilai temperatur 17°C-28°C. Keadaan temperatur dan kelembaban yang tidak sesuai akan berpengaruh kurang baik terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas buah tomat. Kelembaban relatif yang diperlukan untuk tanaman tomat adalah 80% (Wiriyanta, 2002). Tanaman tomat memerlukan intensitas cahaya matahari sekurang-kurangnya 10-12 jam setiap hari (Sastrahidayat, 1992). Metode konvensional akan membutuhkan tenaga kerja untuk mengontrol secara manual. Oleh sebab itu, dibutuhkan sebuah rancang bangun hidroponik yang bekerja secara otomatis yang dipantau oleh sensor.

Hasil sensor akan diolah oleh mikrokontroler dan aktuator dikendalikan untuk menjaga kondisi tanaman. Pencampur larutan hara akan bekerja saat nilai pH dan EC tidak sesuai dengan setpoint. Humidifier akan bekerja ketika kelembaban udara rendah. Sedangkan pengkondisi suhu akan dijalankan saat suhu yang terukur di atas 24°C.

Beberapa penelitian berkaitan dengan otomasi sistem hidroponik telah dilakukan. Namun, penelitian tersebut dilakukan dengan mengadopsi teknik hidroponik DWC (Saa'id dkk, 2013) dan NFT (Velazquez dkk, 2013). Dalam penelitian ini, sistem tanam hidroponik yang dipakai adalah teknik wick yang lebih mudah diaplikasikan bagi petani.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, didapatkan rumusan masalah mengenai bagaimana membuat sistem tanam hidroponik wick dengan sistem pengendalian otomatis berbasis mikrokontroler untuk mengontrol nilai pH, EC, suhu dan kelembaban pada pembibitan tanaman tomat ceri.



### **1.3. Batasan Masalah**

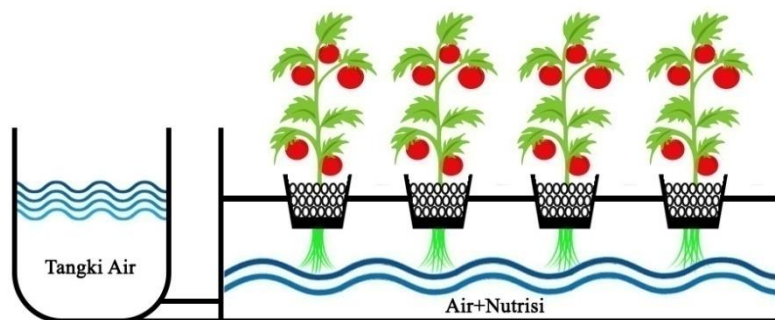
Dalam penelitian otomasi sistem hidroponik ini terdapat beberapa batasan antara lain:

1. Jenis tanaman yang diujicobakan adalah tomat ceri.
2. Rancang bangun alat ini bersifat rumah kaca mini menggunakan sistem hidroponik wick.
3. Tidak membahas curah hujan, intensitas cahaya dan kadar oksigen pada tanaman hidroponik.
4. Sistem kontrol tidak memberikan informasi balik mengenai hasil tanaman baik atau buruk.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Teknik Hidroponik Sistem Sumbu (Wick)**

Hidroponik merupakan pertanian masa depan sebab hidroponik dapat diusahakan di berbagai tempat, baik di desa, di kota maupun di lahan terbuka, atau di atas apartemen sekalipun dan dapat diusahakan sepanjang tahun tanpa mengenal musim. Pemeliharaan tanaman hidroponik lebih mudah, karena tempat budidayanya relatif bersih, media tanamnya steril dan tanaman terlindung dari hujan, Serangan hama dan penyakit relatif kecil, tanaman lebih sehat, produktifitas dan kualitasnya lebih tinggi sehingga lebih tinggi nilai jualnya. Hal ini terjadi karena lingkungan yang bersih dan terpenuhinya penyaluran unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Teknik hidroponik sistem wick merupakan salah satu sistem hidroponik yang paling sederhana sekali dan biasanya digunakan oleh kalangan pemula. Sistem ini termasuk pasif, karena tidak ada bagian-bagian yang bergerak. Nutrisi mengalir ke dalam media pertumbuhan dari dalam wadah menggunakan sejenis sumbu yang biasanya menggunakan kain flanel. Skema sistem hidroponik Wick dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Skema Sistem Hidroponik Wick**

### **2.2. Budidaya Tanaman Tomat Ceri**

Tomat merupakan tanaman yang berkerabat dengan kentang, terong, dan cabai dalam famili Solanaceae. Tomat terdiri dari lebih 400 varietas yang salah satunya adalah tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). Tomat ceri diperkirakan mulai terkenal tahun 1800-an dan berasal dari Peru dan Chili bagian utara. Bentuk buah ada yang bulat sempurna seperti pada Gambar 2.2, dan ada pula yang lonjong. Berat buah umumnya berkisar 10-20 gram.



**Gambar 2.2. Buah Tomat Ceri**

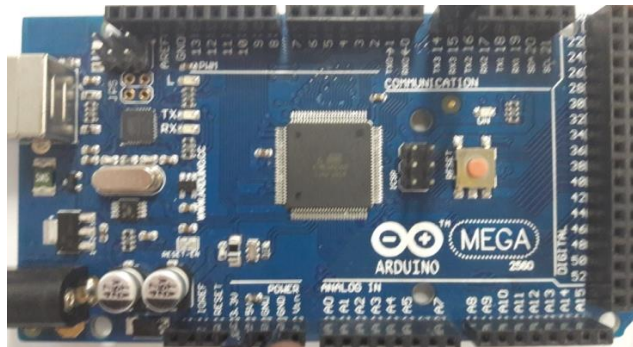
Pemupukan dan penyiraman (fertigasi) pada budidaya tomat sistem hidroponik umumnya dilakukan secara bersamaan. Teknik fertigasi bisa dilakukan dengan manual atau sistem irigasi tetes (*Drip Irrigation System*). Teknik yang terbaik adalah dengan sistem irigasi tetes karena fertigasi bisa merata, tenaga kerja tidak terlalu banyak, menghemat waktu (dalam waktu singkat bisa menyiram tanaman dalam jumlah yang banyak). Pada budidaya tomat sistem hidroponik, frekuensi dan volume siram harus disesuaikan dengan kondisi cuaca, jenis dan umur tanaman, fase pertumbuhan tanaman dan jenis media yang digunakan. Saat cuaca mendung atau hujan (evaporasi berkurang), volume dan frekuensi penyiraman dikurangi karena efek terhadap media menjadi terlalu basah sehingga akar tidak bisa tumbuh dengan baik. Kondisi yang diinginkan tanaman adalah berimbang antara air, udara, pupuk dan media tanam.

Sebaliknya kalau cuaca panas (evaporasi naik), fertigasi harus lebih sering dan volumenya lebih banyak. Nilai EC (jumlah pupuk yang larut dalam air) dan nilai pH (tingkat keasaman) suatu larutan juga sangatlah penting sebab akan menunjukkan berapa banyak unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Tingkat kepekatan EC yang diberikan untuk tanaman harus disesuaikan dengan situasi dan kondisi. Nilai pH di dalam media yang bagus kurang lebih 5,2 sebab dengan tingkat pH tersebut semua unsur hara yang tersedia di dalam air/media bisa diserap oleh tanaman (Gunawan, 2009).

### **2.3. Mikrokontroler**

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang berbasis ATmega2560. Modul ini memiliki 54 pin I/O digital, 16 masukan analog, 4 UARTs, dengan osilator 16MHz (Arduino, 2016). Contoh modul mikrokontroler diperlihatkan pada Gambar

2.3. Mikrokontroler inilah yang berfungsi untuk melakukan pembacaan sensor-sensor dan pengaturan aktuator secara otomatis.

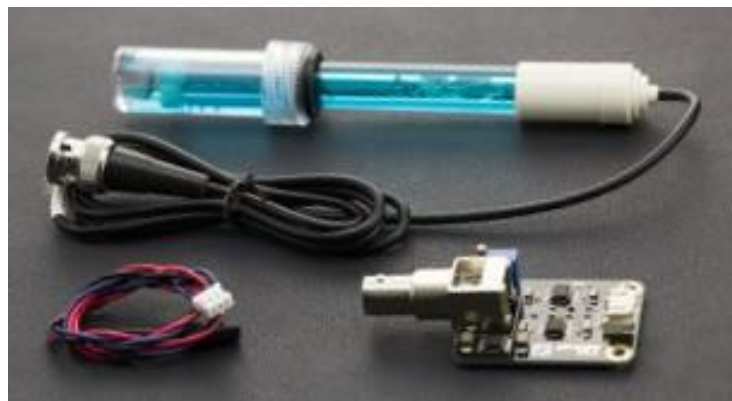


**Gambar 2.3. Arduino Mega 2560**

## **2.4. Sensor**

### **2.4.1. Sensor pH**

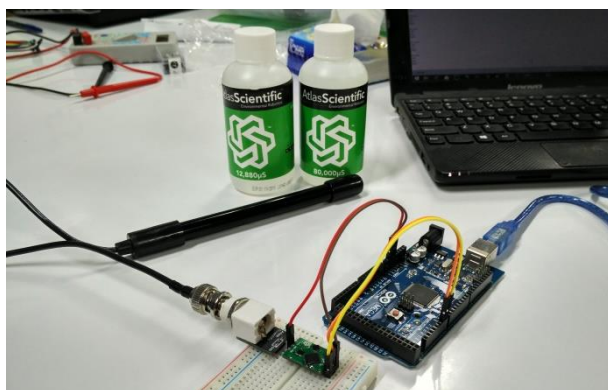
Sensor pH kit arduino pada penelitian ini memiliki fitur pembacaan derajat keasaman dengan range temperatur max 60° dan tingkat akurasi  $\pm 0.1$  pH. Sensor pH yang dipakai pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2.4 (Arduino, 2017).



**Gambar 2.4. Sensor pH**

### **2.4.2. Sensor EC**

Sensor EC Atlas Scientific probe K 1.0 dapat mengukur konduktivitas listrik mulai dari 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hingga 200  $\text{mS}/\text{cm}$ . Sensor ini dapat bekerja pada suhu 0-70°C dengan tekanan 1379 kPa atau 200 PSI. Contoh modul sensor ini dapat dilihat pada Gambar 2.5 (Atlas Scientific, 2016b).



**Gambar 2.5. Sensor EC Atlas Scientific K 1.0**

### **2.4.3. Sensor SHT11**

Modul sensor cerdas berbasis sensor SHT11 dapat digunakan untuk mendeteksi besarnya temperatur udara dan kelembaban nisbi (*Relative Humidity*) di sekitar sensor. Keluaran sensor ini berupa data digital yang sudah terkalibrasi penuh sehingga dapat dipakai langsung tanpa perhitungan tambahan. Contoh modul sensor ini ditunjukkan pada Gambar 2.6. Rentang nilai sensor suhu adalah 40-123,8°C. Sedangkan sensor kelembaban memiliki range 0-100% RH (Innovative Electronics, 2009).



**Gambar 2.6. Sensor SHT11**

### **2.5. Electric Solenoid Valve**

Katup listrik yang dipakai adalah *electric solenoid valve* dengan diameter eksternal 3/4" (19mm). Katup ini dipasang pada tandon air dan pupuk cair untuk membatasi jumlah air dan pupuk cair yang akan dicampur menjadi larutan hara. Katup ini bekerja pada tegangan 12 VDC dengan arus maksimum 450 mA. Contoh katup listrik ini diperlihatkan pada Gambar 2.7.





**Gambar 2.7. Electric Solenoid Valve**

## **2.6. Pengkondisi Suhu**

Pada penelitian ini suhu ruangan dikontrol oleh pengkondisi suhu berupa pengkondisi udara atau biasa disebut dengan AC. Akan tetapi pengkondisi suhu pada penelitian ini merupakan hasil rakitan, dimana sejumlah komponen akan dirakit menjadi *Air Conditioner*, dengan harapan modal yang tidak besar dari hasil komponen yang telah dirakit mampu mengkondisikan suhu stabil sesuai set poin yaitu sebesar 24°C. Gambar pengkondisi suhu pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.8.

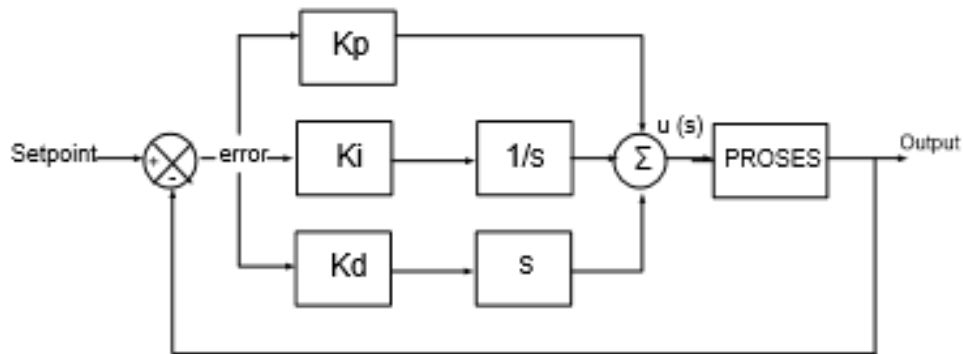


**Gambar 2.8. Pengkondisi Suhu Udara**

## **2.7. Metode PID (*Proportional Integral Derivative*)**

PID (Proportional Integral Derivative) Controller merupakan kontroler untuk menentukan ketepatan suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik (feedback) pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integral, Derivative dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I, atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang

diinginkan. Metode umum untuk mendapatkan nilai awal kontrol PID adalah untuk merancang sistem kontrol PID, dengan cara mencoba (trial and error). Hal ini disebabkan karena parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  tidak independent. Skema diagram blok PID dapat terlihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9. Diagram Blok Kontrol PID**

Kontrol Proporsional merupakan sebuah penguat input sehingga hasil pada output tidak semakin menjadi kecil pada sebuah sistem. Output Proporsional adalah hasil perkalian antara konstanta proporsional dengan nilai error nya. Perubahan yang terjadi pada sinyal input akan menyebabkan sistem secara langsung mengubah output sebesar konstanta pengalinya. Gambar 2.10 merupakan diagram blok Kontrol Proporsional.

$$U(t) = K_p e(t) \dots \dots \dots (2.1)$$

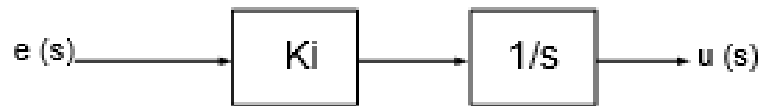


**Gambar 2.10. Diagram Blok Kontrol Proporsional**

Jika nilai  $K_p$  kecil, kontrol proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat. Jika nilai  $K_p$  besar, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan yang stabil, bahkan berosilasi di sekitar set point. Kontrol Integral memiliki karakteristik mengurangi waktu naik, menambah overshoot dan waktu turun, serta menghilangkan kesalahan keadaan tunak. Kontrol proporsional tidak akan mampu menjamin output dari sistem akan menuju ke keadaan yang diinginkan kalau sebuah plant tidak memiliki unsur integrator. Pada Kontrol Integral, respon kepada sistem akan meningkat secara kontinu terus-menerus kecuali nilai error yang diintegrasikan dengan batasan atas  $t$  dan batasan bawah 0 (nol).

$$U(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \dots \dots \dots (2.2)$$

Pada Gambar 2.11 terdapat diagram blok kontrol Integral, yang menunjukkan hubungan antara nilai error dengan output. Kontrol Integral membantu menaikkan respon sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

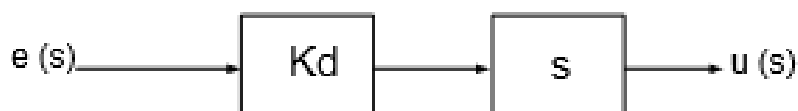


**Gambar 2.11. Diagram Blok Kontrol Integral**

Kontrol Derivatif memberi pengaruh terhadap besarnya sinyal kontrol yang dihasilkan sebanding dengan perubahan error. Semakin cepat error berubah, maka semakin besar sinyal kontrol yang dihasilkan. Keluaran kontrol diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi Derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar.

$$U(t) = Kd \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(2.3)$$

Blok kontrol derivatif ditunjukkan pada Gambar 2.12. Kontrol derivatif tidak akan pernah digunakan sendirian, karena kontroler ini hanya akan aktif pada periode peralihan. Pada periode peralihan, kontrol derivatif menyebabkan adanya redaman pada sistem sehingga lebih memperkecil lonjakan. Seperti pada kontrol proporsional, kontrol derivatif juga tidak dapat menghilangkan offset.



**Gambar 2.12. Diagram Blok Kontrol Derivatif**

## **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **3.1. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pengendali otomatis nilai pH, EC, suhu dan kelembaban pada pembibitan tanaman tomat ceri dengan sistem tanam hidroponik wick.

### **3.2. Manfaat Penelitian**

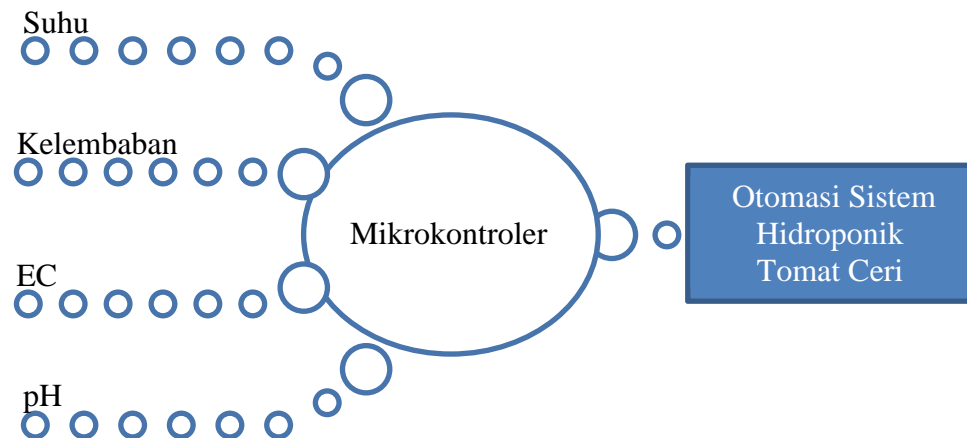
Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Bagi pembudidaya tanaman, sistem otomatis ini membantu mengatur kondisi lingkungan hidup tanaman. Proses budidaya menjadi lebih tidak tergantung dengan faktor cuaca, dan faktor risiko sumber daya manusia dapat lebih diminimalkan.
2. Bagi peneliti sistem pengaturan, penerapan kendali PID dapat memberikan kontribusi untuk perkembangan metode pengaturan terhadap penerapannya di bidang budidaya tanaman.

## BAB 4. METODE PENELITIAN

### 4.1. Diagram Blok

Pada penelitian ini terdapat *road map* penelitian secara keseluruhan, dimana penelitian otomasi sistem hidroponik membutuhkan beberapa faktor pendukung. Gambar blok diagram penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1. Diagram Blok Penelitian Secara Keseluruhan**

Tiap-tiap bagian dari diagram blok sistem pada Gambar 4.1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Input* pada Mikrokontroller:

- Sensor Modul SHT11 : Sebagai pendeteksi nilai suhu dan kelembaban pada sistem otomasi.
- Sensor EC Atlas Scientific : Sebagai pengukur nilai EC pada sistem pencampur nutrisi otomatis.
- Sensor pH : Sebagai pengukur penurunan nilai pH untuk sistem pembuangan nutrisi.

2. *Output* pada Mikrokontroler :

- Pengkondisi suhu udara : Sebagai pendingin ruangan sistem otomasi saat temperatur tinggi dengan set-poin suhu sebesar 240C.
- Humidifier : Sebagai pengatur kelembaban pada sistem otomasi dengan metode on dan off sesuai dengan kondisi serta durasi waktu sampai dengan menyesuaikan tingkat kekurangan kelembaban yang telah ditentukan.
- Lampu Pijar : Berfungsi sebagai menurunkan tingkat kelembaban dengan kontrol on dan off sesuai dengan kondisi ruang.
- LCD (*Liquid Crystal Display*) : Sebagai media pengeluaran berupa nilai yang didapat oleh sensor SHT11.



- e. Infra Red : Sebagai media komunikasi antara mikrokontroler dengan pengkondisi udara untuk melewati program kendali PID.
- f. Relay : Sebagai saklar elektrik yang berguna untuk mengaktifkan atau memutus aliran listrik.
- g. Solenoid Valve : Sebagai katup untuk kebutuhan pengaliran nutrisi.
- h. Motor DC : Sebagai pengaduk untuk mencampur-ratakan nutrisi.

Terdapat beberapa tahap yang akan dilakukan dalam penelitian ini, di antaranya sebagai berikut: studi pendahuluan, perancangan sistem, pengumpulan data, perancangan sensor untuk mengatur pH, suhu, nutrisi yang dibutuhkan dan kelembaban, pengujian kerja sensor terhadap set point dan analisis sistem.

## **4.2. Studi Pendahuluan**

Studi pendahuluan meliputi studi pustaka mengenai:

- a. Nilai pH larutan pada unsur hara tomat ceri
- b. Nilai suhu pada ruang pembibitan tomat ceri
- c. Pengaturan EC untuk memperoleh nutrisi yang dibutuhkan tomat ceri
- d. Pengaturan kelembaban pada ruang pembibitan tomat ceri
- e. Desain kontrol PID untuk menstabilkan nilai suhu, dan kelembaban.
- f. Desain kontrol untuk nutrisi, dan pH.

## **4.3. Perancangan Sistem**

Secara garis besar sistem dibagi menjadi tiga buah subsistem, yaitu : pembuatan mekanik untuk media tanam hidroponik, pembuatan elektronik untuk perakitan hardware berupa sensor dan aktuator, dan pemrograman perangkat hardware yang terhubung dengan mekanik agar sistem terintegrasi.

### **4.3.1. Perancangan Mekanik**

Pada penelitian ini terdapat bahan-bahan yang digunakan untuk merancang kebutuhan mekanik, antara lain:

- 1. Aluminium
- 2. Baut, mur dan ring
- 3. Tandon
- 4. Pot

5. Rockwool
6. Kain Sumbu
7. Pipa PVC
8. Jumlah motor DC 24 V = 1 buah.
9. Jumlah katup 6 mm = 2 buah.
10. Jumlah katup 2 cm = 3 buah.
11. Kontrol pencampuran nutrisi = 1 buah mikrokontroler Arduino Mega.
12. Pengkondisi Udara yang telah dirakit berdasarkan komponen elektronika pendukung (kondensor, kompresor, modul indoor, kipas indoor dan outdoor, freon, body outline, pipa in dan out serta kabel in dan out).
13. Lampu Pijar.
14. Humidifier sebanyak = 1 buah.
15. Pot Rectangular.
16. Timba dan Tangki air.
17. Sensor Modul SHT11.
18. Sensor EC.
19. Sensor pH.
20. Benih tanaman tomat ceri.
21. Kontrol wadah hidroponik = 1 buah mikrokontroler Arduino Mega.
22. Rangka mekanik pada penelitian ini menggunakan bahan aluminium.

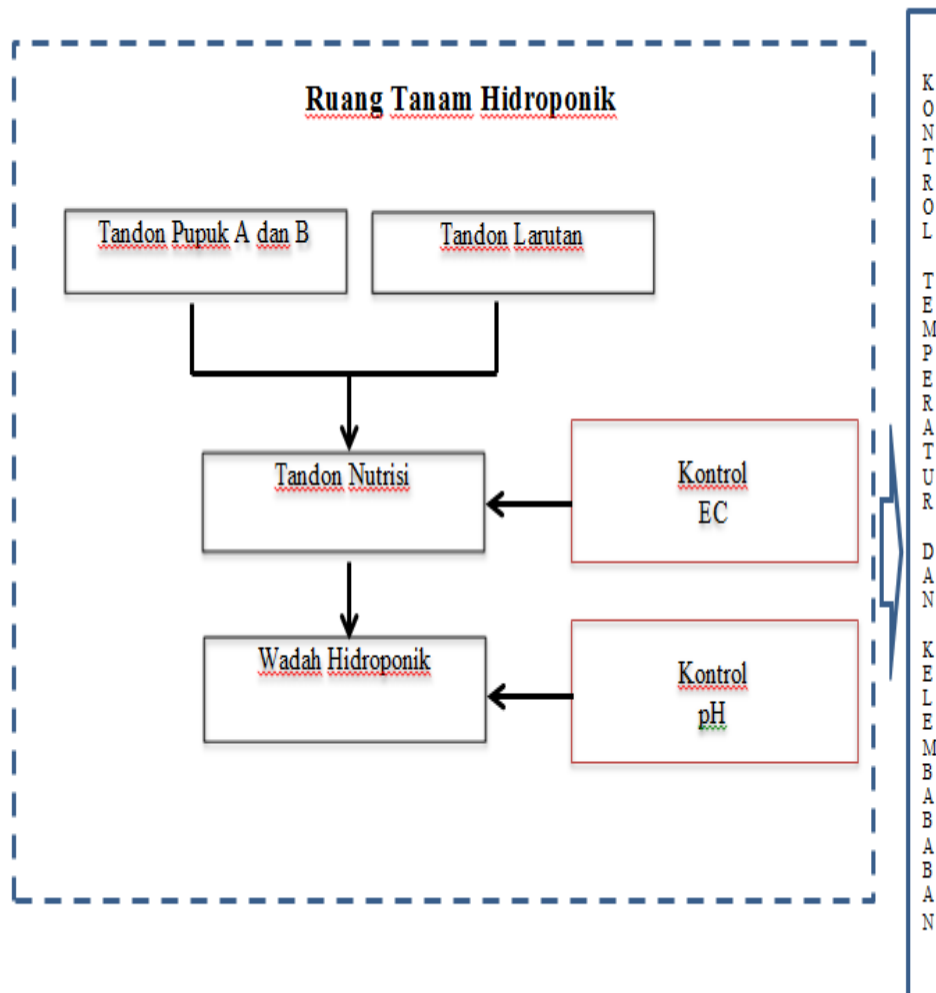
Pada saat pemasangan komponen telah dilakukan maka dihasilkan dimensi dari rancang bangun wadah hidroponik sebagai berikut:

1. Panjang rancang bangun : 72 cm
2. Lebar rancang bangun : 55 cm
3. Tinggi rancang bangun : 90 cm
4. Volume rancang bangun :  $356,4 \text{ cm}^3$

Sedangkan perancangan pada tandon nutrisi otomatis adalah sebagai berikut:

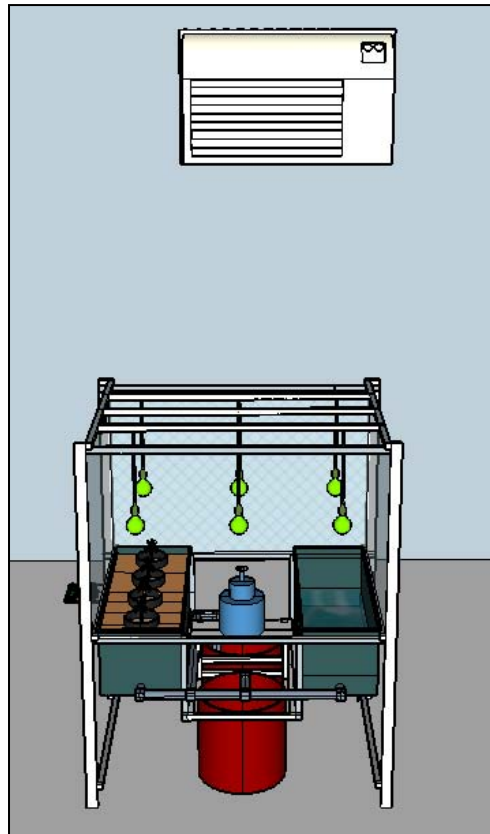
1. Dimensi mekanik = p: 62,5 cm, l: 46 cm, t: 99 cm.
2. Dimensi tandon larutan A dan B = p: 18 cm, l: 11 cm, t: 10 cm.
3. Dimensi tandon air = p: 38 cm, l = 24 cm, t = 22 cm.
4. Dimensi tandon pencampur = p: 36 cm, l : 24 cm , t: 17,5 cm.

Desain mekanik pada penelitian ini menggunakan 3 tandon yang dilengkapi valve otomatis pada masing-masing tandon seperti pada Gambar 4.2. Tandon nutrisi dikontrol oleh sensor nutrisi EC dengan harapan nutrisi yang dialirkan akan terserap sumbu sistem wick dan mampu memberikan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan tomat. Pada penelitian ini besarnya nilai EC yang dikontrol sebesar  $2000 \mu S / cm$ .

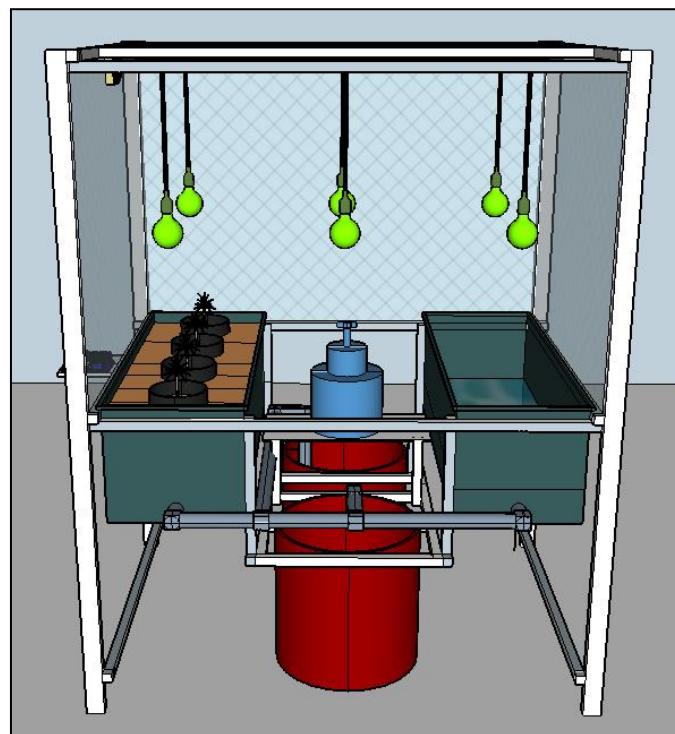


**Gambar 4.2. Diagram Blok Penelitian**

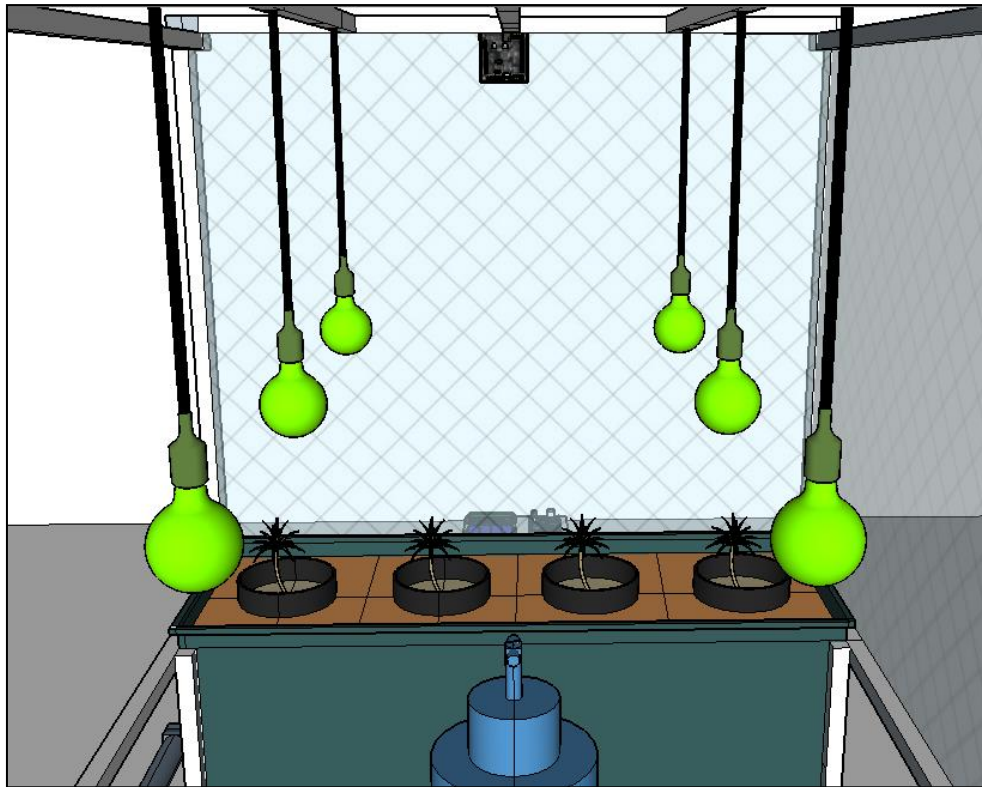
Penelitian ini dibagi dua sub sistem yaitu perancangan wadah hidroponik, dan sistem pencampuran larutan. Keseluruhan sistem ini diintegrasikan menjadi otomasi sistem hidroponik wick untuk pembibitan tomat ceri. Perancangan wadah hidroponik, ditunjukkan oleh beberapa gambar berikut ini: Gambar 4.3. merupakan Desain Wadah Hidroponik Tampak Keseluruhan, Gambar 4.4. merupakan Desain Wadah Hidroponik Tampak Depan, Gambar 4.5. Desain Wadah Hidroponik Tampak Dalam, Gambar 4.6. Desain Wadah Hidroponik Tampak Samping.



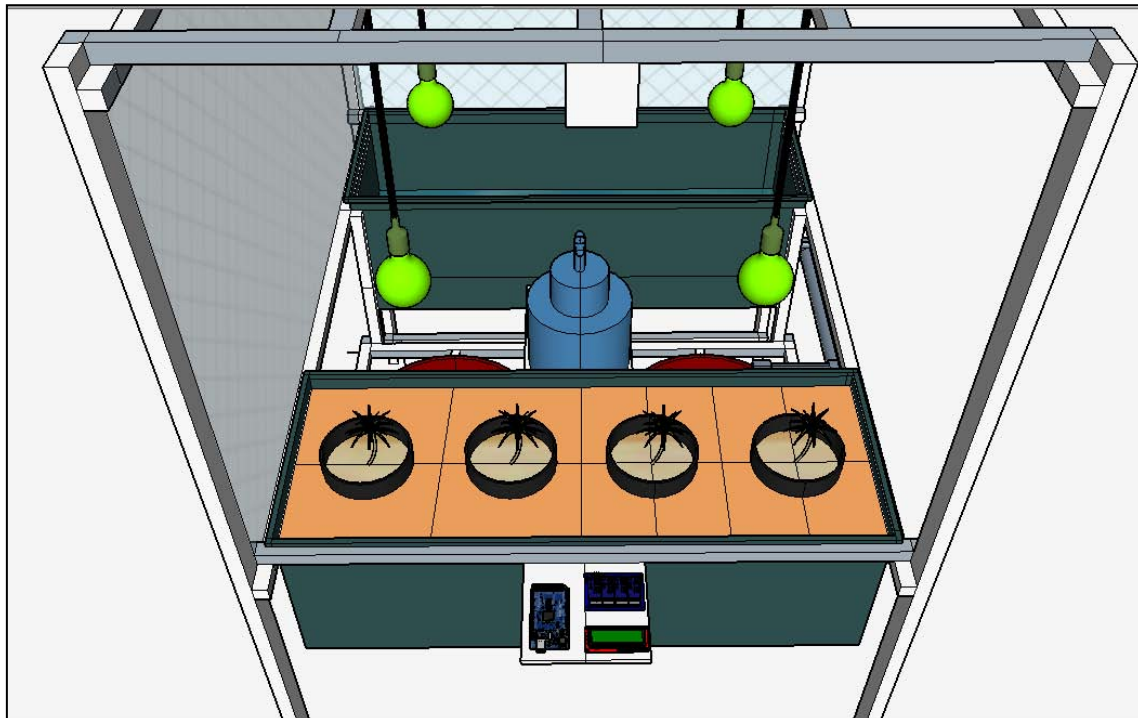
**Gambar 4.3. Desain Wadah Hidroponik Tampak Keseluruhan**



**Gambar 4.4. Desain Wadah Hidroponik Tampak Depan**



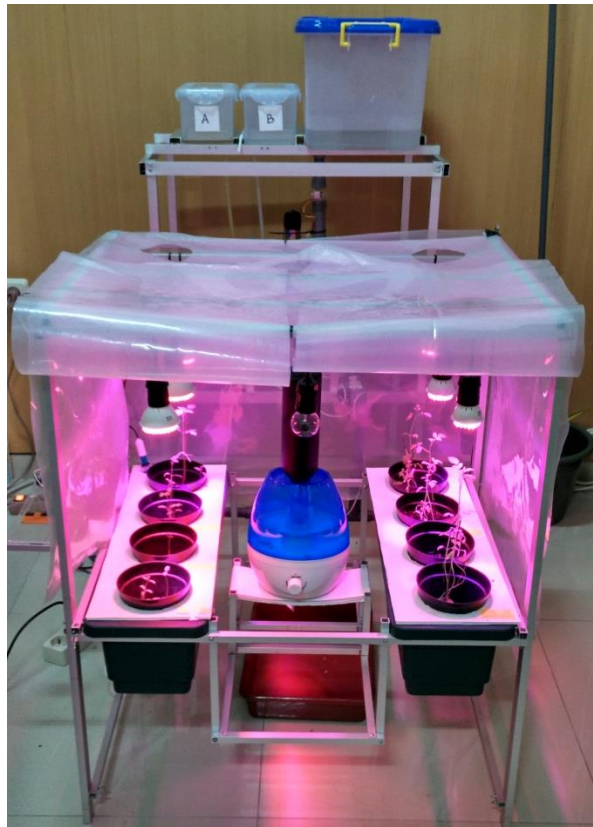
**Gambar 4.5. Desain Sistem Hidroponik Tampak Dalam**



**Gambar 4.6. Desain Sistem Hidroponik Tampak Samping**



Berikut ini hasil rancang bangun sistem hidroponik otomatis pada Gambar 4.7. Sedangkan hasil rancang bangun wadah hidroponik untuk pembibitan tanaman ditunjukkan pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.7. Hasil Rancang Bangun Sistem Hidroponik Tampak Keseluruhan**

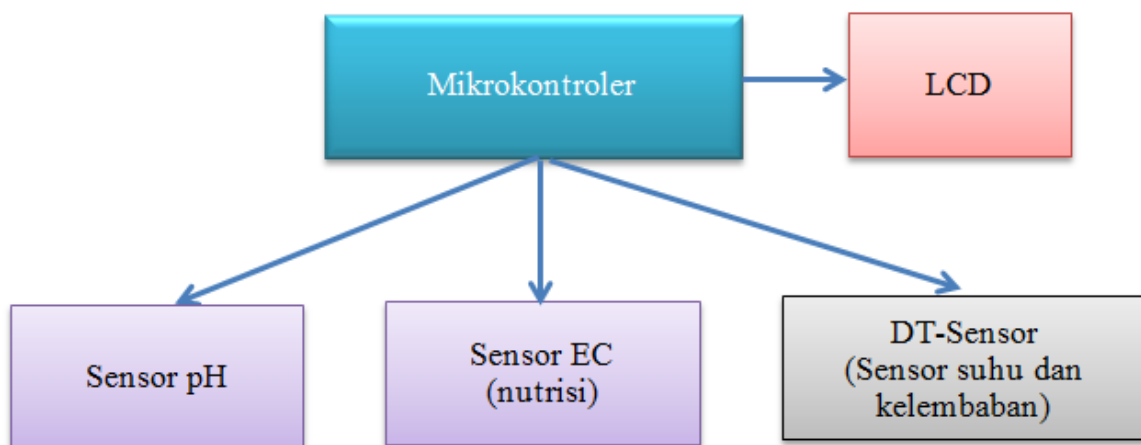


**Gambar 4.8 Hasil Rancang Bangun Wadah untuk pembibitan**

yang dilengkapi dengan Humidifier

#### 4.3.2. Perancangan Elektronik

Wadah hidroponik dilengkapi sensor suhu dan kelembaban dengan harapan terjaga kualitas proses pembibitan tanaman tomat ceri, sehingga benih biji tomat akan bisa tumbuh menjadi bibit tanaman tomat ceri. Untuk lebih detailnya, Gambar 4.9 merupakan diagram blok perancangan *hardware*.

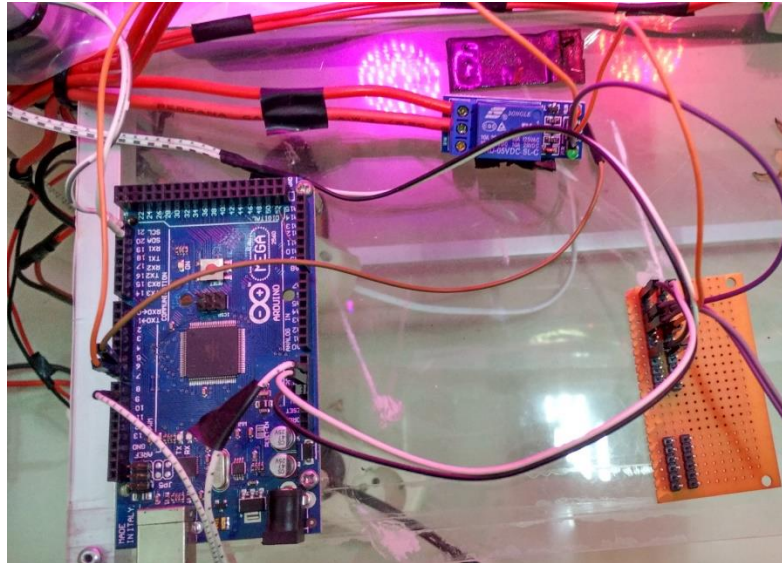


**Gambar 4.9 Diagram Blok Perancangan Elektronik**

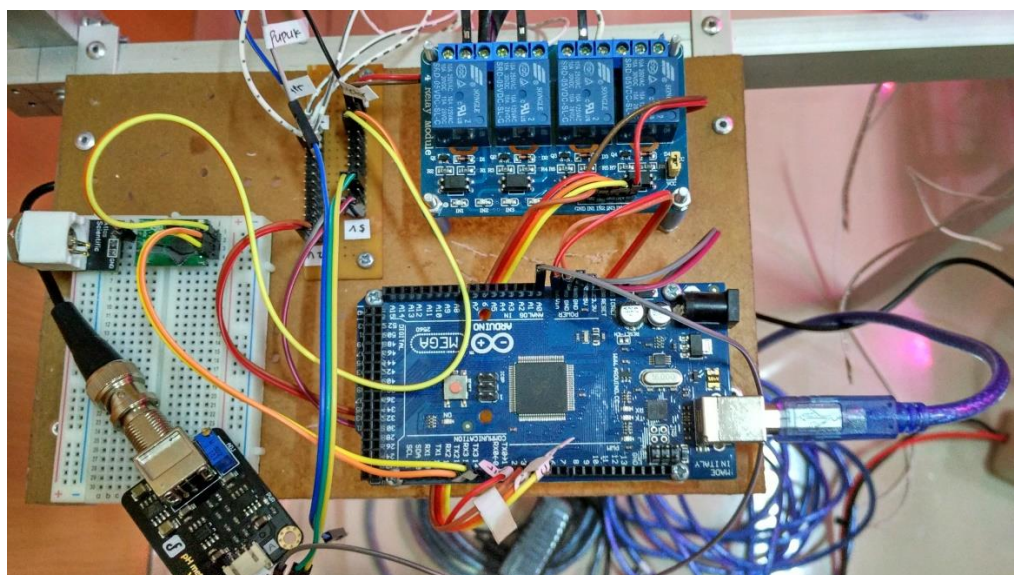
Pada Gambar 4.10 adalah rangkaian sistem yang dipasang pada rancang bangun otomasi hidroponik. Sebagai pusat kendali (mikrokontroler) menggunakan Arduino Mega 2560, sedangkan pada bagian masukan terdapat modul sensor SHT11 serta terdapat hasil keluaran yang memerintah aktuator berupa LCD, sensor infra red yang akan me-remote pengkondisi udara, dan dua buah relay yang akan menghidupkan serta mematikan lampu pijar dan *humidifier*.

Pada penelitian ini sensor suhu dan kelembaban telah terintegrasi masuk ke mikrokontroler pertama, sensor pH dan sensor EC terhubung ke mikrokontroler kedua. Hubungan antar komponen dapat dilihat pada Tabel 4.1.

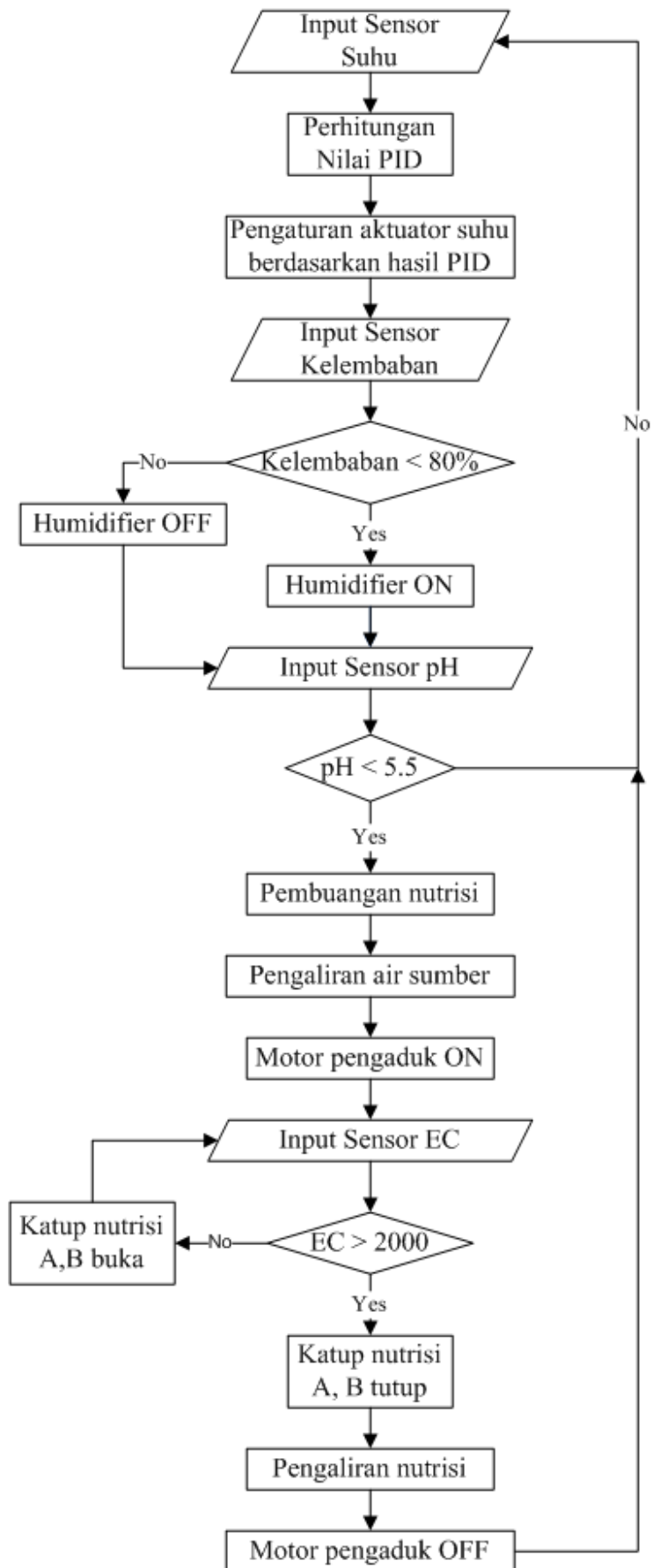
Pembacaan beberapa sensor akan diprogram melalui mikrokontroler, dan data yang terbaca akan ditampilkan pada LCD. Masing-masing sensor dikendalikan melalui aktuator. Pada penelitian ini sensor akan membaca data baik nilai pH, kandungan nutrisi, kelembaban dan suhu. Nilai – nilai ini ditampilkan pada LCD. Jika nilai – nilai tidak sesuai dengan set point yang telah ditentukan, maka akan terdapat perlakuan. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 4.10, Gambar 4.11, dan Gambar 4.12 yang merupakan blok diagram perancangan *software*.



**Gambar 4.10 Rangkaian mikrokontroler untuk mengatur suhu dan kelembaban.**



**Gambar 4.11 Rangkaian mikrokontroler untuk mengatur EC dan pH.**



**Gambar 4.12. Flow chart keseluruhan sistem.**

Jika sistem diintegrasikan maka *software* keseluruhan mengikuti *flow chart* Gambar 4.12. Ruang tanam hidroponik dikontrol suhu dan kelembabannya, karena tanaman tomat ceri harus dalam *range* 17-28°C, dan pada sistem ini suhu ruang tanam dikondisikan stabil dengan suhu 24°C. Pengendalian suhu ini telah dilakukan dan diterapkan dengan uji coba menggunakan sistem non PID dan sistem PID untuk mengontrol pengkondisi udara. Pengaturan kelembaban pada sistem ini menggunakan *humidifier*, dengan nilai *set point* kelembaban sebesar 80%. Selain mengondisikan ruang tanam hidroponik, pencampuran nutrisi juga dibuat secara otomatis. Tandon nutrisi berisi campuran dari Tandon pupuk A, Tandon pupuk B, serta tandon larutan yang berisi air. Terdapat katup otomatis untuk mengalirkan tandon pupuk A, B dan larutan. Setelah katup membuka, langkah berikutnya pada sistem ini adalah proses pengadukan campuran pada tandon nutrisi. Pengadukan ini menggunakan motor DC 24 V. Tandon nutrisi dilengkapi dengan sensor EC yang berfungsi untuk mendeteksi nilai EC dari campuran. Air hasil nutrisi dengan nilai EC yang sesuai dialirkan ke wadah hidroponik. Sensor pH dipasang pada wadah hidroponik untuk memastikan pH pada wadah masih sesuai dengan *set point*.

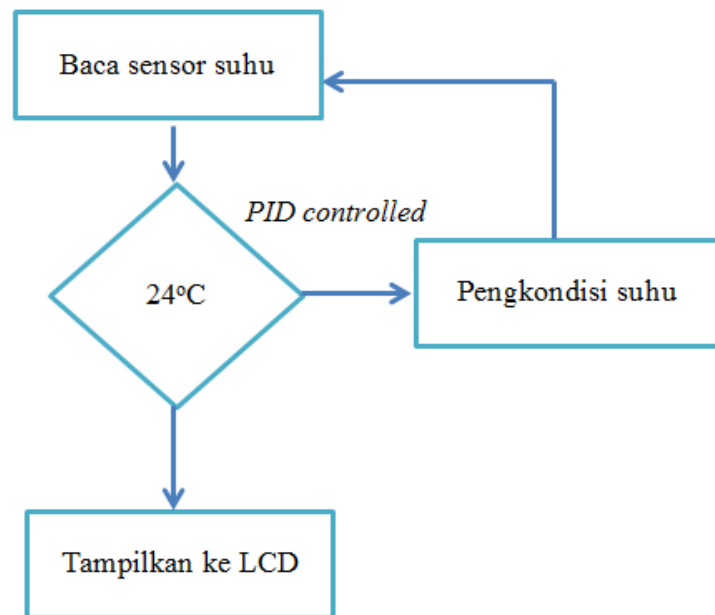
Sensor suhu menerima masukan berupa data suhu ruang tanam hidroponik. Sistem kontrol suhu pada penelitian ini menggunakan metode PID. Metode ini dipilih karena dapat menjaga suhu ruang stabil pada suhu tanam tomat ceri yaitu 24°C. Proses perhitungan PID memerlukan pengaturan nilai Kp, Ki dan Kd. Nilai Kp, Ki dan Kd digunakan untuk mengatur aktuator suhu yang berupa pengkondisi udara (AC) sehingga suhu stabil. Setelah proses pengaturan suhu, sensor kelembaban menerima masukan berupa kondisi kelembaban ruang tanam. Jika nilai kelembaban ruangan kurang dari 80%, maka *humidifier* akan menyala sampai kondisi *set point* kelembaban tercapai. Proses selanjutnya adalah pengecekan nilai pH nutrisi pada wadah hidroponik. Sistem ini akan melakukan pengecekan secara berkala pada wadah hidroponik, karena tanaman tomat ceri tumbuh dengan baik pada nutrisi yang memiliki rentang pH 5,5-6,5. Jika nilai pH terdeteksi kurang dari 5,5 maka tandon wadah hidroponik akan menguras secara otomatis. Jika terjadi pembuangan nutrisi pada wadah hidroponik, maka secara otomatis terdapat pengaliran pupuk A, pupuk B, larutan air menuju wadah nutrisi. Proses berikutnya adalah pengadukan larutan pada wadah nutrisi. Proses pencampuran ini dikontrol oleh sensor EC, dimana sensor ini mengirim data perubahan nilai EC setiap detik. Jika nilai EC kurang dari 2000  $\mu S/cm$ , maka katup nutrisi A dan nutrisi B akan membuka dan mengalir ke tandon nutrisi. Jika nilai EC lebih dari 2000  $\mu S/cm$ , maka katup nutrisi akan menutup dan nutrisi siap dialirkan ke wadah hidroponik.



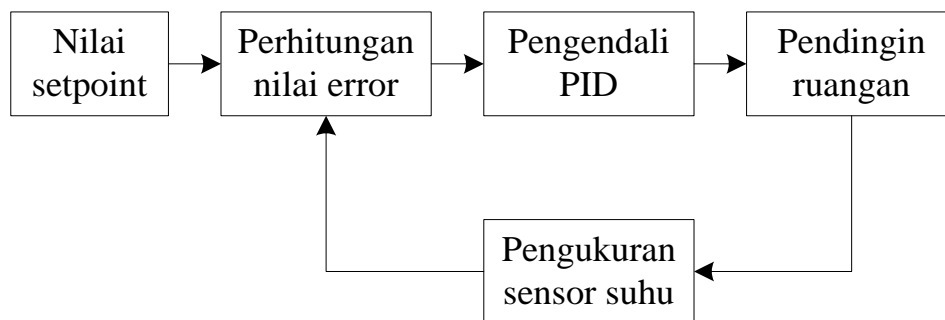
**Tabel 4.1. Rangkaian Pin pada Sistem Suhu dan Kelembaban**

	LCD	Sensor SHT 11	Relay 1 (Lampu Pijar)	Relay 2 (Humidi fier)	Sensor Infra Red	
Arduino Mega 2560	Pin 13 = Pin 4 (RS)	Pin 20 (SDA) = Pin 1 (Data)	Pin 10 = Vin	Pin 11 = Vin		
	Ground = Pin 5 (R/W)					
	Pin 12 = Pin 6 (Enable)					
	Pin 5 = Pin 11 (D4)	Pin 21 (SCL) = Pin 3 (Clock)	GND = GND	GND = GND		
	Pin 4 = Pin 12 (D5)					
	Pin 3 = Pin 13 (D6)					
	Pin 2 = Pin 14 (D7)	GND = Pin 4 (GND)	5V = VCC	5V = VCC		
	GND = Pin 1 (GND)					
	5V = Pin 2 (VCC)					
	5V = Pin 15 (Backlight+)	5V = Pin 8 (VCC)				
	Ground = Pin 16 (Backlight-)					
						Pin 9 = Data
						GND = GND
Variabel Resistor	Out = Pin 3 (V0)					

Sistem ini dirancang dengan set point suhu 24° Celcius, dengan harapan bahwa tanaman tomat ceri dapat tumbuh dengan baik. Jika suhu ruangan melebihi 24 derajat, maka pengkondisi suhu akan menyala secara otomatis sampai dengan suhu kembali stabil sampai sesuai dengan set point yang telah ditentukan. Pada penelitian ini metode yang diterapkan untuk mengontrol suhu adalah metode PID, agar suhu untuk ruang hidup tanaman stabil. Sistem untuk pengendali PID ditunjukkan pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.13. Diagram Blok Sistem Pengaturan Suhu**



**Gambar 4.14. Diagram Blok Sistem Pengendali PID**

```

#include <SHT1x.h>
#include <IRremote.h>
IRsend irsend;
#define dataPin 20
#define clockPin 21
SHT1x sht(dataPin, clockPin);
float suhusht;
float lemsht;
int ac_out = 0;
int last_ac = 0;

unsigned long wkt;
float err, errp=0, set=24;
float iState=0; // Integrator state is the sum of all the
preceding inputs
float Ki=2, Kp=3, Kd=10; // PID gain
float pTerm, dTerm, iTerm, uTerm;
float dt=1;
  
```

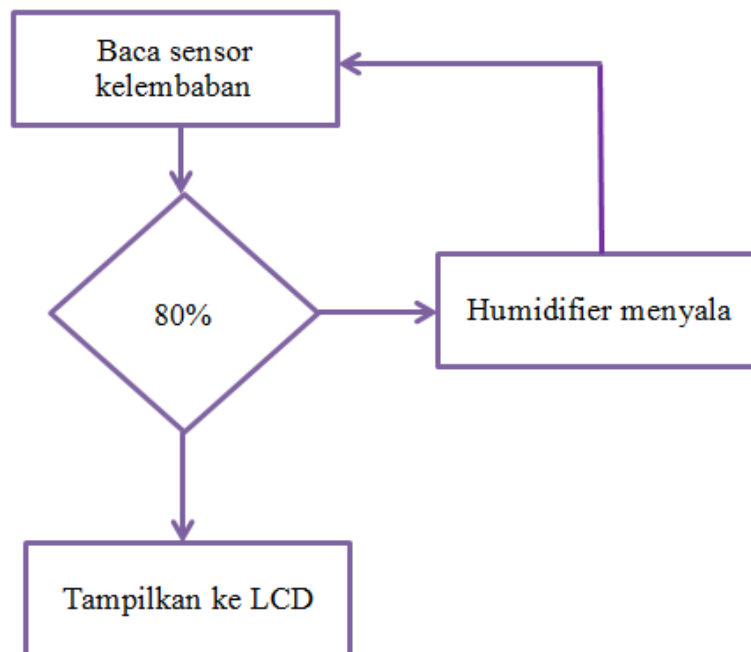
```

err = set - suhusht;
pTerm = Kp * err;
iState = iState + (err*dt);
if(iState <= -4) iState=-4;
if(iState >= 1) iState=1;
iTerm = Ki * iState;
dTerm = Kd * (err-errp)/dt;
errp = err;
uTerm = pTerm + iTerm + dTerm;
ac_out = (int)(suhusht + uTerm);

```

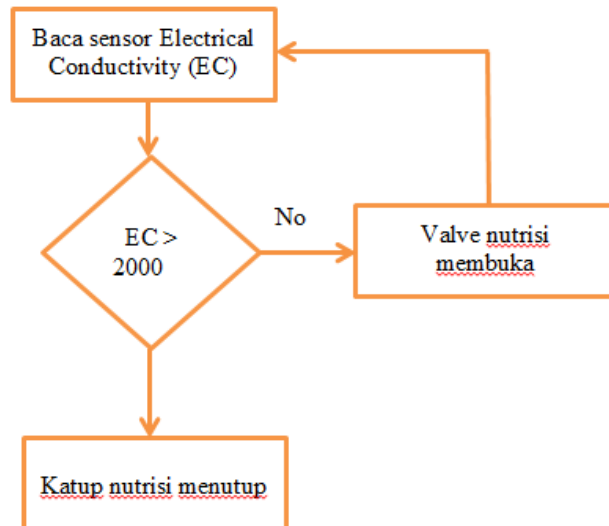
**Gambar 4.15. Cuplikan Program Sistem Pengendali PID**

Cuplikan program untuk kendali PID ditunjukkan pada Gambar 4.15. Pada program tersebut menerapkan konstanta nilai  $K_i = 2$ ,  $K_p = 3$  dan  $K_d = 10$ . Nilai-nilai konstanta ini didapatkan dengan eksperimen terlebih dahulu, dan akhirnya ditentukan dari berbagai variasi nilai untuk mendapatkan respon yang paling baik berupa nilai error dan respon sistem.



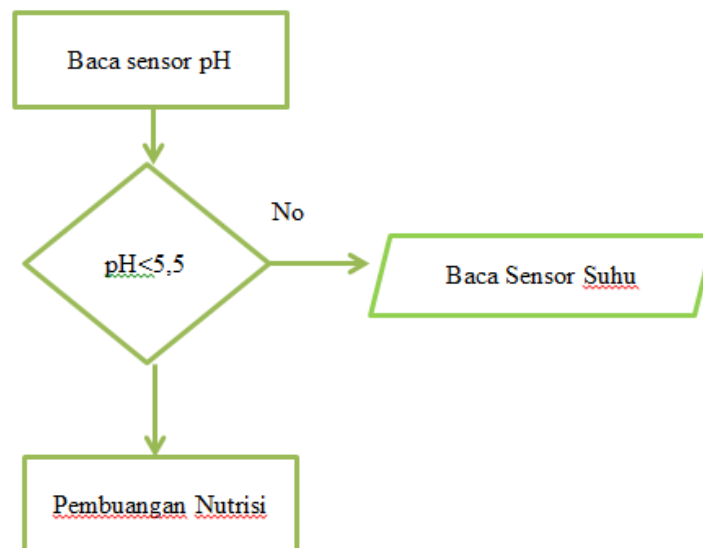
**Gambar 4.16. Diagram Blok Sistem Pengaturan Kelembaban**

Tidak hanya faktor suhu yang menjadi prioritas pada penelitian ini, akan tetapi nilai kelembaban juga akan terpantau dan ditampilkan di LCD. Jika nilai kelembaban kurang dari 80%, maka humidifier akan menyala secara otomatis sampai dengan set point terpenuhi. Hal ini dilakukan agar kelembaban tanaman tetap terjaga sesuai dengan kebutuhan tomat ceri.



**Gambar 4.17. Diagram Blok Sistem Pengaturan EC**

Berdasarkan penelitian yang telah ada, set point nilai EC 2000  $\mu S/cm$  dapat dicapai paling cepat dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat ceri (Ibrahim dkk, 2015). Jika nilai kandungan nutrisi yang dicapai belum memenuhi, maka valve akan membuka tandon secara otomatis sampai dengan nilai nutrisi terpenuhi.



**Gambar 4.18. Diagram Blok Sistem Pengaturan pH**

#### 4.4. Analisis Sistem

Analisis sistem diperlukan untuk mengetahui keefektifan proses integrasi dari seluruh sub sistem, dengan harapan otomasi ini akan membantu proses pembibitan dengan

pemeliharaan yang sesuai dengan prosedur dan konsisten. Sebelum dilakukan pengujian seluruh sistem, pada penelitian ini akan dilakukan analisis dari beberapa subsistem antara lain:

- a. Analisis hasil pengujian kontrol suhu
- b. Analisis hasil pengujian kontrol kelembaban
- c. Analisis hasil pengujian kontrol EC (nutrisi)
- d. Analisis hasil pengujian kontrol pH

Hasil dari pengujian subsistem ini mempengaruhi hasil proses integrasi secara keseluruhan. Karena faktor – faktor yang ditentukan pada penelitian ini merupakan faktor mayor penentu kualitas tanaman tomat ceri.

## BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

### 5.1. Hasil Pengujian Mikrokontroler

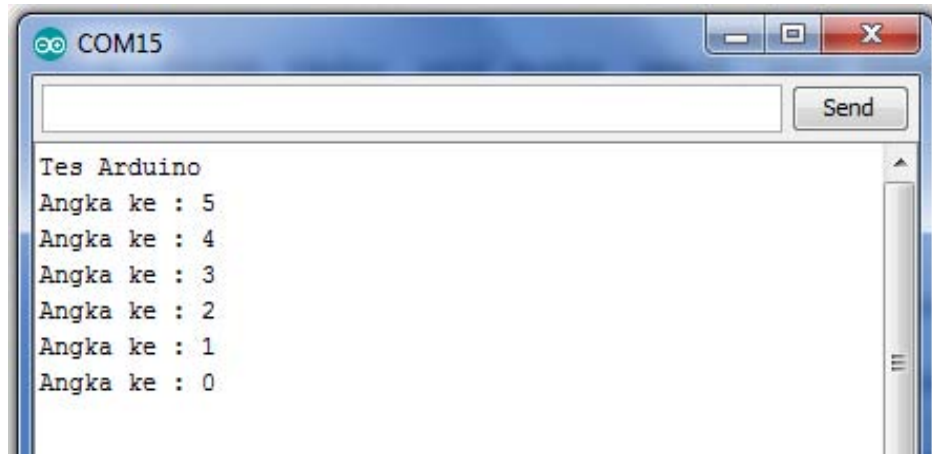
Pada pengujian Arduino Mega 2560, dilakukan dengan memasukkan program perintah sederhana kedalam Arduino dengan menggunakan *software* Arduino IDE. Arduino dan program yang baik dapat mengeksekusi dengan hasil yang baik. Tahap pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja Arduino yang digunakan pada penelitian tidak mengalami kerusakan dan kegagalan pada saat mengeksekusi program. Sehingga pada saat Arduino digunakan dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Pada pengujian program pada Arduino Mega 2560 melalui *software* Arduino IDE dapat dilihat hasil yang telah di-*upload*. Lingkaran berwarna merah pada Gambar 5.1 bertuliskan "*Done Uploading*", yang berarti bahwa program yang ditulis telah benar dan berhasil di-*upload* pada Arduino Mega 2560.



**Gambar 5.1. Proses Upload Berhasil pada Arduino**

Program perintah yang dimasukan ke dalam Arduino Mega 2560 merupakan program untuk mengirimkandata menggunakan *serial*. Proses pengirimanArduino Mega 2560 harus terhubung dengan USB PC agardapat menerima data yang dikirim menggunakan menu *serial monitor*pada *software* Arduino IDE. Hasil dari *serial monitor*dapat dilihat pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2 Keluaran pada Jendela *Serial Monitor***

Pada Gambar 5.2, jendela *serial monitor* menunjukkan bahwa data yang dikirim sesuai dengan program perintah yang dibuat dan di-*upload* pada Arduino Mega 2560. Dengan ini Arduino Mega 2560 dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam pembuatan sistem.

## **5.2. Hasil Pengujian Modul Sensor SHT11**

Sensor modul SHT11 digunakan sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban pada ruang lingkup sekitar sensor. Dengan sensor ini dapat menghasilkan nilai dan menampilkan pada jendela *serial monitor* atau dengan aktuator LCD. Pada pengujian ini Arduino Mega 2560 diberikan program perintah yang dapat membaca sensor modul SHT11 agar dapat mengetahui nilai yang ada di ruang lingkup sekitar. Gambar 5.3 merupakan cuplikan program pada Arduino IDE untuk sensor SHT 11.

Hasil pengujian pada sensor modul SHT11 pada Gambar 5.4 yang dibaca oleh Arduino Mega 2560 dengan waktu pengambilan data setiap kelipatan satu detik berjalan dengan baik. Nilai suhu dan kelembaban berubah sesuai dengan kondisi ruang lingkup disekitar sensor.



```

#include <SHT1x.h>
#define dataPin 20
#define clockPin 21

SHT1x sht(dataPin, clockPin);

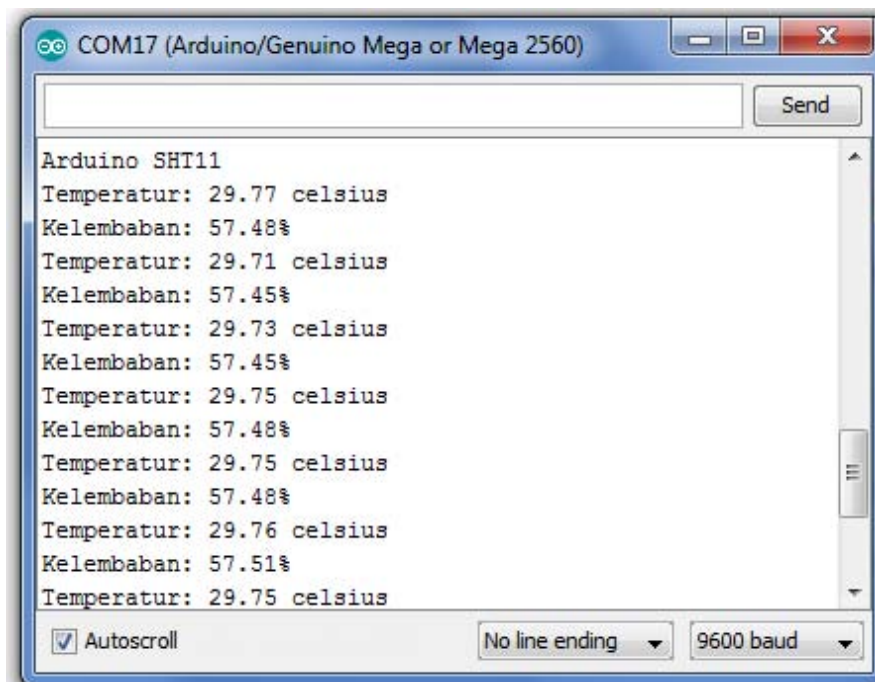
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Arduino SHT11");
  delay(200);
}

void loop()
{
  float temp_c;
  float humidity;

  temp_c = sht.readTemperatureC();
  humidity = sht.readHumidity();
  Serial.print("Temperatur: ");
  Serial.print(temp_c);
  Serial.println(" celsius");
  Serial.print("Kelembaban: ");
  Serial.print(humidity);
  Serial.println("%");
  delay(1000);
}

```

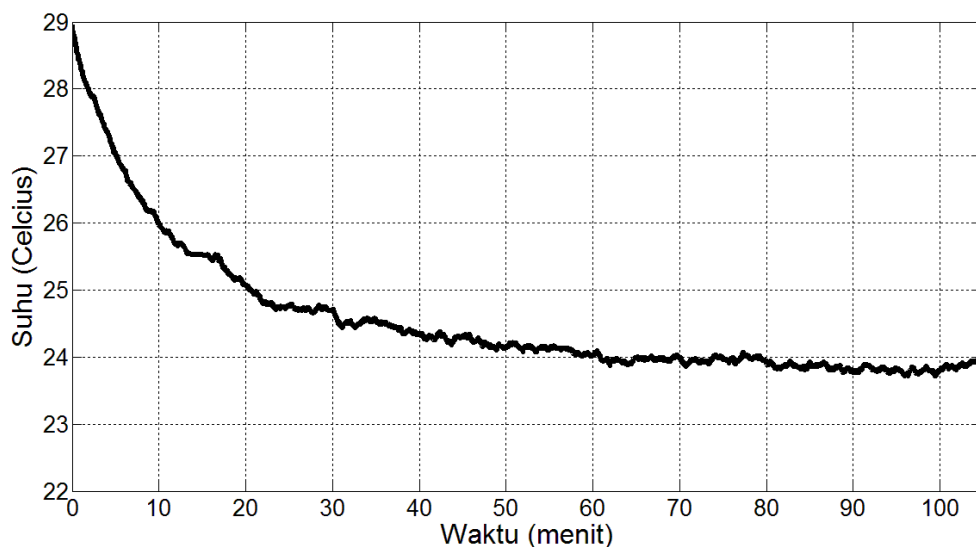
**Gambar 5.3. Cuplikan Program Modul Sensor SHT11**



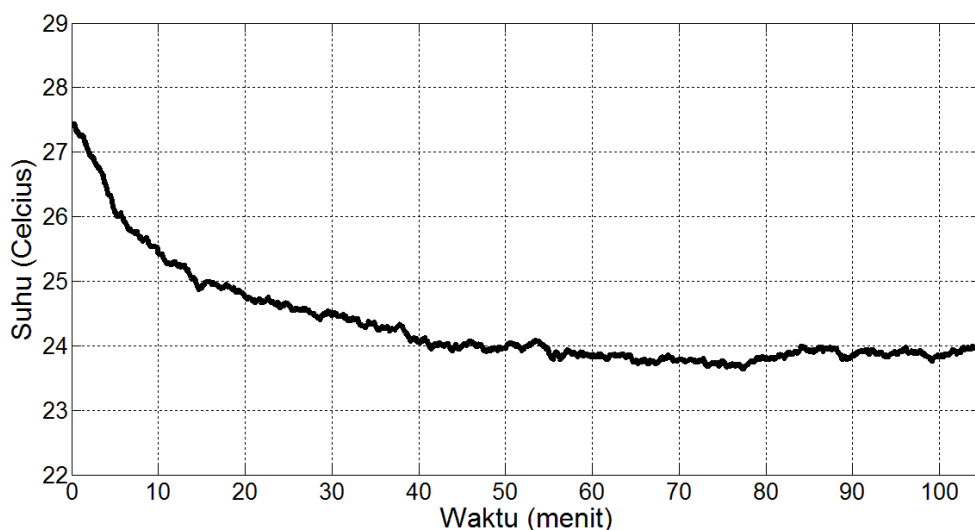
**Gambar 5.4. Keluaran Serial Monitor dari SHT11**

### 5.3. Hasil Pengujian Aktuator Pengkondisi Suhu Udara

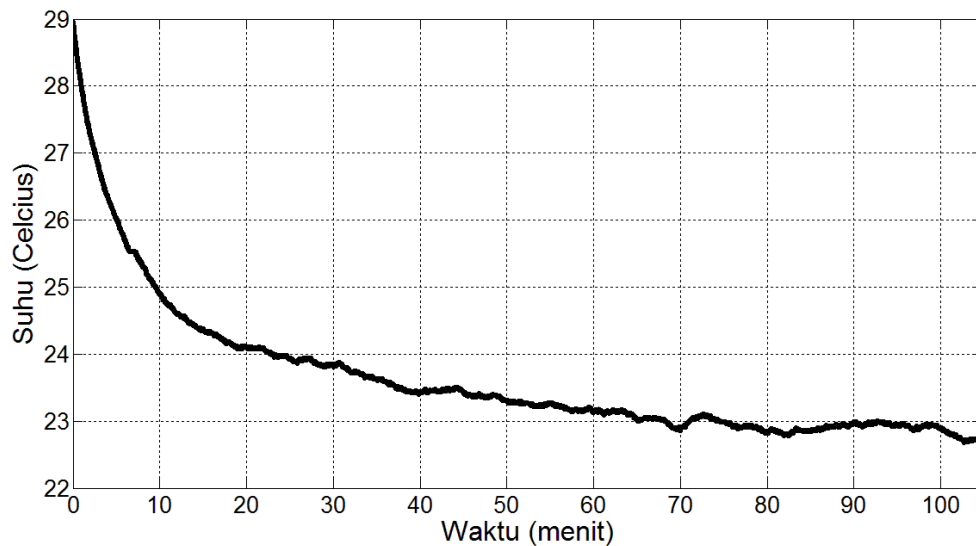
Pada pengujian kali ini *air conditioner* mengatur suhu pada ruang lingkup otomasi yang di-*remote* oleh *infra red* dan nilai suhu yang keluar dibaca oleh sensor SHT11. Pengujian aktuator *air conditioner* ini bertujuan untuk melihat seberapa baik kinerja AC dan mengetahui keluaran sistem dalam menuju *setpoint* yang diinginkan sehingga keluaran yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan serta keinginan pada penelitian. Pada penelitian ini set poin yang diinginkan adalah sebesar  $24^{\circ}\text{C}$ , sesuai dengan kebutuhan suhu tanaman tomat ceri. Pada penelitian ini, telah diuji kinerja aktuator dengan dua kondisi, yaitu: kondisi aktuator tanpa PID dan kondisi aktuator dengan penerapan program PID kontrol. Pada pengujian aktuator *air conditioner* dengan nilai *setpoint*  $24^{\circ}\text{C}$  yang dikirim oleh sensor *infra red* serta pengujian dilakukan selama 105 menit maka didapatkan hasil data serta grafik seperti Gambar 5.5 – 5.8.



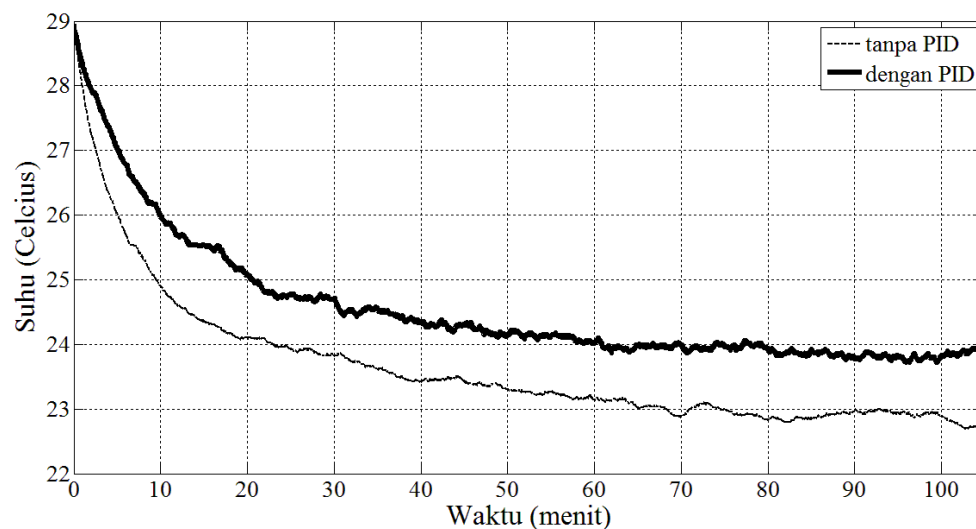
**Gambar 5.5. Hasil Pengendalian Suhu dengan PID pada Siang Hari**



**Gambar 5.6. Hasil Pengendalian Suhu dengan PID pada Malam Hari**



**Gambar 5.7. Hasil Pengendalian Suhu tanpa PID pada Siang Hari**



**Gambar 5.8. Grafik Perbandingan Hasil Pengendalian Suhu**

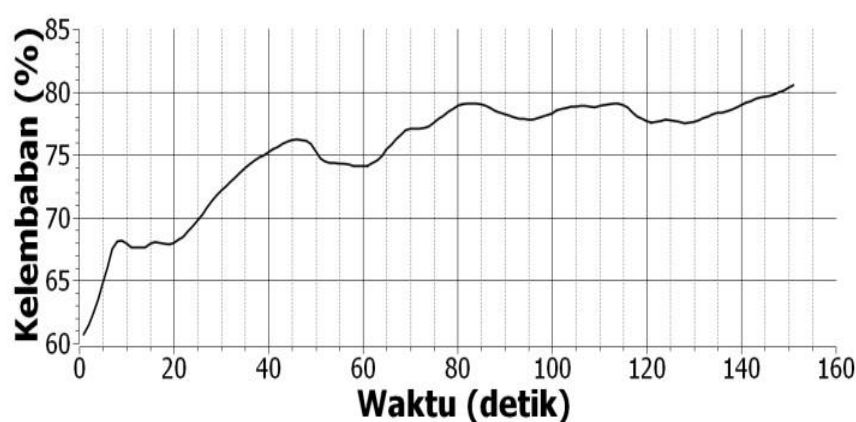
Pada Gambar 5.8 dapat dilihat respon sistem saat aktuator menggunakan PID untuk kontrol suhu dan non PID. Grafik dengan penerapan sistem PID mampu menuju set poin 24 °C dan mampu mempertahankan set poin tersebut, yang merupakan suhu normal budidaya tomat ceri (A. Yamin, 2012). Pada grafik tanpa sistem PID dapat dilihat bahwa kontrol untuk mencapai set poin kurang bagus karena setelah menuju set poin suhu terus menurun sampai dengan 105 menit dan belum bisa kembali ke set poin yang diinginkan. Sistem tanpa pengendali PID tidak dapat mempertahankan suhu sehingga tidak memiliki *settling time*. Meskipun sistem tanpa PID mampu memiliki *rise time* yang lebih cepat, sistem tanpa PID menghasilkan *overshoot* yang lebih besar. Hal ini berbeda dengan unjuk kerja sistem pengaturan suhu dengan pengendali PID yang mampu menunjukkan hasil yang lebih baik. Unjuk kerja dari kedua sistem ini diringkas pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1. Unjuk Kerja Kendali Suhu**

Sistem	<i>Rise Time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling Time</i>
Dengan PID	60 menit	1,17 %	57 menit
Tanpa PID	23 menit	5,5 %	-

#### 5.4. Hasil Pengujian Kelembaban

Pengujian kelembaban dilakukan untuk mengetahui respon *humidifier* yang diterapkan pada penelitian ini. Jika kelembaban tidak dikendalikan, nilai kelembaban tidak akan sesuai dengan kelembaban untuk tanaman tomat ceri. Kelembaban normal pada ruang tanam tanpa menggunakan sistem ini adalah sebesar 61% dan hal ini tidak sesuai dengan kelembaban untuk budidaya tomat ceri, karena kelembaban yang dibutuhkan untuk budidaya tomat ceri sebesar 80% (wiryanta, 2002). Telah dilakukan pengujian pengaturan kelembaban dengan nilai kelembaban awal sebesar 61%. Hasilnya *humidifier* pada penelitian ini mampu mencapai kelembaban 80% pada saat 150 detik. Setelah kelembaban tercapai, *relay* akan mati. Gambar 5.9 merupakan hasil uji coba respon *humidifier* dalam merespon perubahan kelembaban menuju *set point*.



**Gambar 5.9 Grafik hasil uji coba kelembaban.**

#### 5.5. Hasil Pengujian Sensor EC

Telah dilakukan pengujian terhadap sensor EC untuk mengetahui kadar nutrisi pada tandon nutrisi otomatis, dimana pada penelitian ini terdapat setting untuk nilai EC yaitu sebesar 2000  $\mu S/cm$ . Program untuk membaca sensor EC ditunjukkan pada Gambar 5.10.

```

void serialEvent3() {
    sensorstring = Serial3.readStringUntil(13);
    sensor_string_complete = true;
}

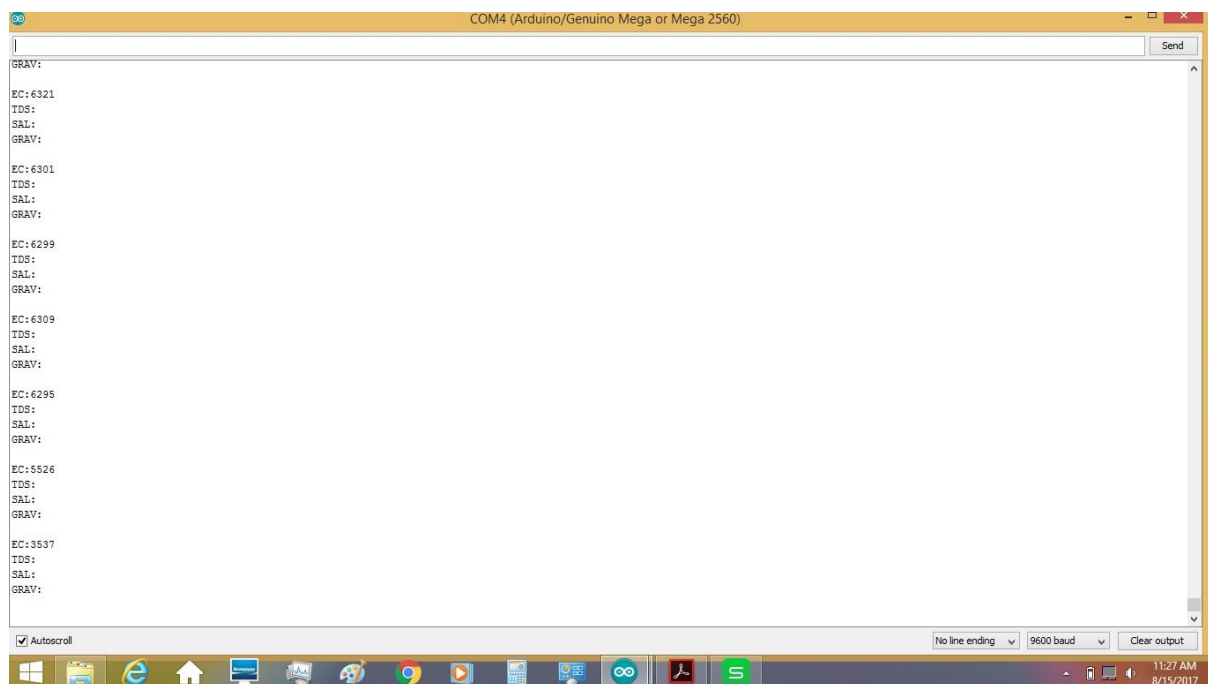
void loop() {

    if (sensor_string_complete == true) {
        if (isdigit(sensorstring[0]) == false) {
            Serial.println(sensorstring);
        }
        else
        {
            sensorstring.toCharArray(sensorstring_array, 30);
            EC = strtok(sensorstring_array, ",");
            fec = atof(EC);
            Serial.print(fec);
            Serial.print("\t");
            wkt = millis();
            Serial.println(wkt);
        }
        sensorstring = "";
        sensor_string_complete = false;
    }
    if (fec >= 2000) {
        digitalWrite(REL_AB, HIGH);
    }
}

```

**Gambar 5.10. Cuplikan Program Pengendalian EC**

Nilai yang terbaca pada sensor EC ditampilkan pada *serial monitor* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.11.



**Gambar 5.11. Keluaran *Serial Monitor* dari Sensor EC**

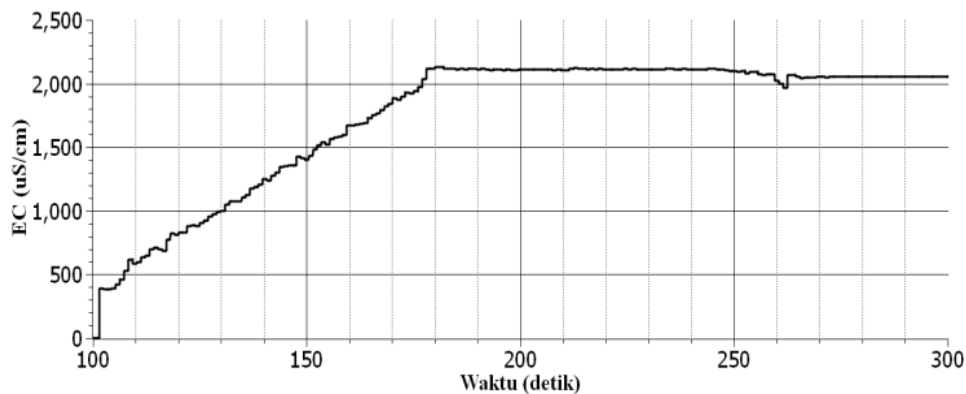
Proses uji coba sensor EC dilakukan dengan menggunakan larutan dengan kadar  $12,880 \mu\text{S}/\text{cm}$  dan  $80,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Gambar 5.12 merupakan percobaan sensor EC dan ditampilkan pada serial monitor.



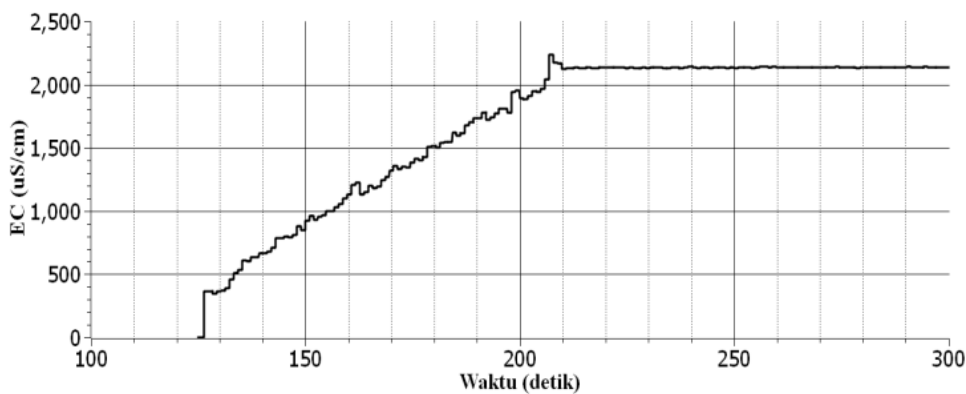
**Gambar 5.12. Percobaan Pengukuran Sensor EC**

Penelitian ini juga mengendalikan nilai EC pada wadah pencampuran nutrisi, karena nilai nutrisi harus lebih dari  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Proses pencampuran larutan akan berulang jika proses pengurasan pada wadah hidroponik telah dilakukan, karena pH pada wadah hidroponik semakin lama semakin asam. Proses pencampuran pada tandon nutrisi dilakukan secara otomatis, dimana tandon air dan tandon pupuk memiliki katup yang bisa membuka dan menutup secara otomatis. Telah dilakukan tiga kali percobaan untuk menguji respon sensor yaitu dengan perlakuan pertama katup air membuka selama 100 detik. Berdasarkan pembacaan sensor EC, nilai *set point* tercapai dalam waktu 77 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.13. Perlakuan kedua, katup air membuka selama 125 detik. Hasilnya nilai pencampuran nutrisi berhasil mencapai *set point* dalam waktu 80 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.14. Perlakuan ketiga dengan membuka katup air selama 150 detik, hasilnya nilai pencampuran nutrisi berhasil mencapai *set point* dalam waktu 91 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.15. Berdasarkan variasi waktu, semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses

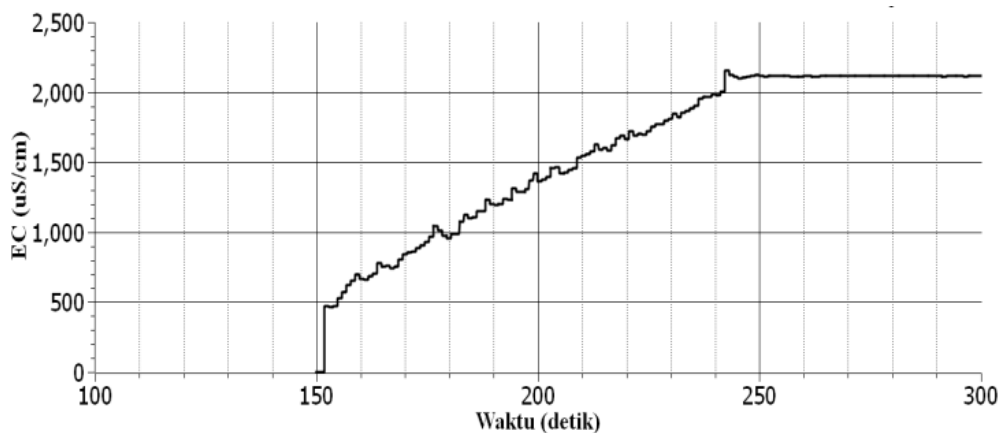
pencampuran menjadi nutrisi dengan nilai EC 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Setelah nilai *set point* tercapai, proses pengadukan berhenti dan nutrisi dialirkan ke wadah hidroponik.



**Gambar 5.13 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan pertama di mana katup air membuka selama 100 detik.**



**Gambar 5.14 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan kedua di mana katup air membuka selama 125 detik.**



**Gambar 5.15 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan ketiga di mana katup air membuka selama 150 detik.**



### 5.5. Hasil Pengujian Sensor pH

Pada penelitian ini sensor pH dihubungkan dengan BNC connector memiliki 3 input kabel, kabel merah dengan VCC 5V, kabel hitam ke GND dan kabel biru ke Analog input 0. Gambar 5.16 merupakan cuplikan program pH pada mikrokontroler Arduino.

```
void loop() {  
    inp = analogRead(SensorPin);  
    teg = inp*5.0/1024;  
    pH = (4.262*teg)-0.8;  
    wkt = millis();  
    Serial.print(inp);  
    Serial.print("\t");  
    Serial.print(teg);  
    Serial.print("\t");  
    Serial.print(pH);  
    Serial.print("\t");  
    Serial.print(relout);  
    Serial.print("\t");  
    Serial.println(wkt);  
    if (pH<=5.5){  
        digitalWrite(REL_OUT, LOW);  
        relout = 1;  
    }  
    delay(500);  
}
```

**Gambar 5.16. Cuplikan Program Pengendalian pH**

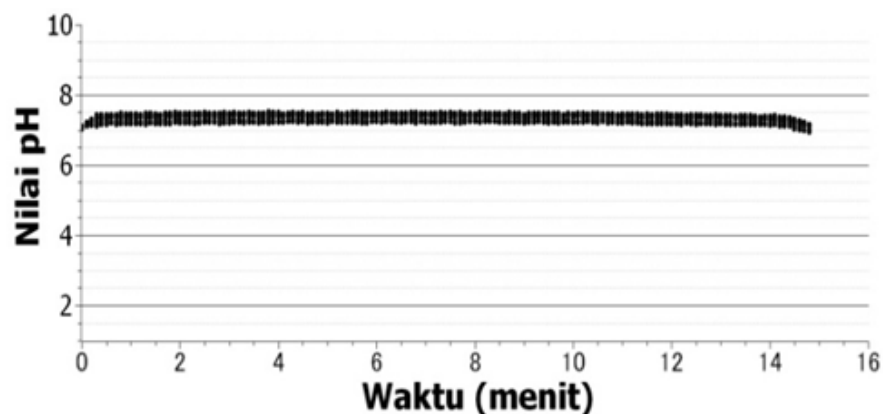
Pada penelitian ini sensor pH masih diuji secara terpisah, dengan hasil pembacaan dibandingkan dengan nilai pada pH Buffer. Kendali pH dilakukan setelah kondisi kelembaban sistem tercapai. Kendali pH ini dilakukan untuk mengontrol kondisi nutrisi pada wadah hidroponik. Nutrisi yang dibutuhkan pada tomat ceri memiliki pH sebesar 5,5-6,5 (triwidyastuti, puspasari, harianto, 2017). Jika nilai pH kurang dari 5,5 atau lebih dari 6,5 akan menyebabkan kualitas tanaman menurun bahkan kematian karena tanaman bisa membusuk. Sebelum digunakan untuk mengontrol kondisi wadah hidroponik, sensor pH dikalibrasi terlebih dahulu, supaya memiliki ketepatan antara kondisi *real* dan hasil pembacaan sensor. Pengujian kalibrasi dilakukan dengan menggunakan larutan *buffer* pH 7. Pengamatan nilai pH dilakukan dengan membandingkan nilai yang terdapat pada pH meter dengan nilai yang dibaca sensor pH. Pengambilan beberapa nilai awal pH dengan mempertimbangkan kestabilan nilai tegangan, dilakukan untuk membuat persamaan linier.

Penelitian ini menggunakan persamaan yang mengacu pada 5.1, yaitu persamaan linier untuk pembacaan sensor pH:

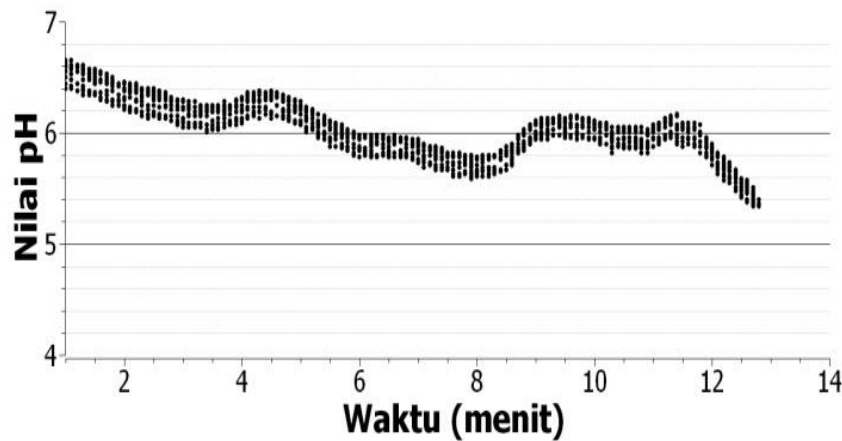
$$pH = (6,0465 * teg) - 5,4139 \quad (5.1)$$

di mana variabel *teg* merupakan nilai tegangan masukan. Nilai tegangan masukan ini dikalikan dengan konstanta 6.0465, setelah itu dikurangi dengan 5,4139. Nilai-nilai konstanta ini didapatkan dari hasil uji coba sensor. Hasil uji coba sensor untuk nilai pH 7 ditunjukkan pada Gambar 5.17. Telah diuji pembacaan nilai sensor selama 15 menit, dan hasilnya pembacaan nilai sensor pH stabil pada *range* 6,92-7,52. Besarnya rata-rata kesalahan pembacaan sensor sebesar 34,22%. Hal ini disebabkan karena ketidakstabilan nilai tegangan dan sensor pH yang digunakan yaitu Analog pH meter Kit DF Robot memiliki karakteristik nilai nol pH meter sebesar 6,25-7,25.

Pengujian sensor pH selanjutnya digunakan untuk melihat respon sensor. Uji coba ini dilakukan pada nutrisi yang terdapat pada wadah hidroponik, untuk melihat respon sensor pH. Jika sensor pH membaca nilai pH kurang dari 5,5 maka *relay* menyala dan membuka katup wadah hidroponik untuk melakukan pengurasan wadah dan mengganti nutrisi baru secara otomatis. Telah dilakukan perlakuan untuk menguji respon sensor pH, yaitu pada wadah hidroponik diberi larutan asam dengan pH 3,4 untuk melihat perubahan pembacaan sensor. Larutan asam ini ditambahkan ke wadah hidroponik secara terus menerus dengan menggunakan sistem infus yang memiliki debit aliran 0,04 ml/detik. Respon waktu sensor pH dalam membaca perubahan nilai pH dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Sensor pH telah membaca nilai pH kurang dari 5,5. Grafik hasil uji respon sensor pH ditunjukkan pada Gambar 5.18.



**Gambar 5.17 Grafik uji coba sensor dengan nilai pH = 7.**



**Gambar 5.18 Grafik uji coba sensor dengan perlakuan penambahan larutan asam untuk mencapai pH kurang dari 5,5.**

### 5.6. Hasil Uji Sistem Integrasi Hidroponik Terhadap Proses Pembibitan Tomat Ceri

Telah dilakukan pengujian terhadap perkembangan tanaman tomat ceri. Perkembangan ini dipantau dari proses peletakan biji benih tomat ceri ke tiap wadah. Pengamatan dilakukan dengan membandingkan dua kondisi, dengan sistem otomatis dan tanpa sistem otomatis. Pembibitan tanaman tomat ceri dengan sistem terjaga mulai dari suhu, kelembaban, pH nutrisi pada wadah hidroponik dan nilai EC nutrisi yang diberikan serta tambahan *grow light* sebagai pengganti cahaya matahari. Akan tetapi *grow light* pada penelitian ini bukan merupakan fokus penelitian. Sedangkan pada pembibitan tanaman tomat ceri non sistem diberi perlakuan dengan media tanam tanah, tanpa pengaturan suhu dan kelembaban serta diletakkan di luar ruangan dan langsung terkena sinar matahari. Hasil pengamatan ketinggian tanaman tomat ceri ditunjukkan pada Tabel 5.2. Sedangkan pengamatan jumlah daun tanaman tomat ceri ditunjukkan pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.2. Hasil Pengamatan Ketinggian Tanaman Tomat Ceri**

Minggu ke-	Ketinggian (cm)							
	Sistem				Non Sistem			
	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4
1	2	4	3	3.5	6	7.5	7	8
2	4.5	6	7.5	6.5	6	8	7.3	8
3	6	9.9	9.5	8.5	0	0	0	0

**Tabel 5.3 Hasil Pengamatan Jumlah Daun Tanaman Tomat Ceri**

Minggu ke-	Jumlah daun (lembar)							
	Sistem				Non Sistem			
	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4
1	1	1	1	1	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	5	5	7	10	0	0	0	0

### 5.7. Luaran Penelitian

Luaran dari penelitian ini berupa:

#### 1. Prosiding Seminar Nasional SNTEKPAN V

Paper berjudul “KENDALI PID UNTUK PENGATURAN SUHU PADA BUDIDAYA HIDROPONIK TOMAT CERI” diterima dalam SNTEKPAN V 2017 dan telah dipresentasikan pada tanggal 19 Oktober 2017.

Seminar Nasional Sains Dan  
Teknologi Terapan (SNTEKPAN)  
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya



#### SURAT KETERANGAN

No. Surat : 077 /SNTEKPAN/VIII/2017

Yang bertanda tangan di bawah ini, Ketua Panitia SNTEKPAN V Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS) menerangkan bahwa:

Nama Penulis : Yosefine Triwidyastuti, Ira Puspasari, Harianto Harianto

Judul Artikel : Kendali PID untuk Pengaturan Suhu pada Budidaya Hidroponik Tomat Ceri

dinyatakan **Diterima** untuk dipresentasikan dan dimasukkan dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan ITATS (SNTEKPAN) V , tanggal **19 Oktober 2017**, dengan ketentuan penulis wajib melakukan revisi (terlampir) sesuai dengan masukan dari reviewer, dan mengirimkan kembali artikel yang sudah direvisi via email: [semnas@itats.ac.id](mailto:semnas@itats.ac.id) atau ojs paling lambat tanggal **29 Agustus 2017**.

#### **Gambar 5.19. Penerimaan Artikel Seminar Nasional**

## 2. Jurnal Nasional Terakreditasi JNTETI

Paper yang berjudul “**Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Cere**” sebagai hasil publikasi dari penelitian ini telah disubmit sesuai kontrak penelitian, bahwa hasil penelitian telah disubmit pada jurnal nasional. Hasil review akan dikirim pada tanggal 5 Januari 2018, untuk diterbitkan pada Edisi Februari 2018.

**JURNAL NASIONAL  
TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**JNTETI**

Home  
Registrasi Paper  
Daftar Edisi  
Topik-Topik  
Tanggal Penting  
Template  
Petunjuk Penulisan  
Copyright Form  
Dewan Redaksi  
Kontak Kami

### Selamat Datang

Selamat Datang di website Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI) Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Paper Anda berjudul *Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Cere*  
Disubmit pada tanggal 2017-10-27 17:03:19

E - ISSN  
2460 - 5719  
P - ISSN  
2301 - 4156

## BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian sistem hidroponik *wick*, diperoleh beberapa hasil. Hasil pengujian kendali suhu dengan menerapkan parameter  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  sebesar 3, 2, dan 10, memiliki nilai *overshoot* 1,17%. Hasil pengujian kendali kelembaban, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *set point* 80% selama 150 detik. Hasil pengujian kendali pH menunjukkan respon waktu sensor pH dalam membaca perubahan nilai pH dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Sensor pH telah membaca nilai pH kurang dari 5,5, dan mampu mengubah kondisi *relay* untuk melakukan pengurasan wadah hidroponik. Hasil kendali EC menunjukkan bahwa berdasarkan variasi waktu, semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pencampuran menjadi nutrisi dengan nilai EC  $2000 \mu S/cm$ . Dari hasil pengujian perkembangan tanaman, didapatkan bahwa laju ketinggian tanaman tomat ceri dengan menggunakan sistem sebesar 2,675 cm/minggu, sedangkan pada tanaman tanpa sistem sebesar 0,2 cm/minggu. Berdasarkan pengamatan jumlah daun, pada tanaman tomat ceri dengan sistem memiliki perkembangan jumlah daun per minggu sebanyak 2 lembar, sedangkan pada tanaman tomat ceri tanpa sistem sebanyak 0 lembar.

### 6.2. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini, maka peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Menggunakan sensor suhu dan kelembaban yang anti air.
2. Menggunakan aktuator AC yang lebih baik supaya saat proses lebih stabil dan cepat untuk mengatur temperatur pada nilai *set point* yang diinginkan (Saat nilai ruangan lebih tinggi daripada nilai *set point*).
3. Melakukan penelitian lebih dengan variabel  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang dibuat agar persentase *error* berkurang, respon pada sistem bekerja lebih baik lagi.
4. Menggunakan sensor pH yang mudah kalibrasinya dan nilainya lebih stabil.



## DAFTAR PUSTAKA

- A. Yamin, *Analisis Risiko Produksi Tomat Cherry pada PD Pacet Segar Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat*, Skripsi, Departemen Agribisnis, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, 2012.
- Arduino. 2016. "Arduino MEGA 2560".  
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>.
- Atlas Scientific LLC. 2016a. "Conductivity K 1.0 Kit".  
[http://www.atlasscientific.com/product\\_pages/kits/ec\\_k1\\_0\\_kit.html](http://www.atlasscientific.com/product_pages/kits/ec_k1_0_kit.html).
- Domingues, D.S.; Takahashi, H.W.; Camara, C.A.P.; Nixdorf, S.L. 2012. "Automated System Developed to Control pH and Concentration of Nutrient Solution Evaluated in Hydroponic Lettuce Production". *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol 84. Hal 53-61.
- Gruda, N. 2009. "Do Soilless Culture Systems Have an Influence on Product Quality of Vegetables?". *Journal of Applied Botany and Food Quality* 82. Hal 141-147.
- Gunawan, H. 2009. "Budidaya Tomat Cherry Secara Hidroponik di Screen House".  
<http://www.bbpp-lembang.info/index.php/arsip/artikel/artikel-pertanian/520-budidayatomat-cherry>. Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang.
- Ibrahim, M.N.R; Solahudin, M.; Widodo, S. 2015. "Control System for Nutrient Solution of Nutrient Film Technique Using Fuzzy Logic". *Telkomnika*. Vol 13. No 4. Hal 1281-1288.
- Innovative Electronics. 2009. "Manual DT-Sense Temperature & Humidity Sensor".  
[http://innovativeelectronics.com/innovative\\_electronics/download\\_files/manual/Manual\\_DT-Sense\\_Temperature\\_Humidity\\_Sensor\\_rev.pdf](http://innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Manual_DT-Sense_Temperature_Humidity_Sensor_rev.pdf).
- Saaaid, M.F.; Sanuddin, A.; Megat Ali, M.S.A.; Yassin, I.M. 2015. "Automated pH Controller System for Hydroponic Cultivation". *IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*. Hal 186-190.
- Saaaid, M.F.; Yahya, N.A.M.; Noor, M.Z.H.; Megat Ali, M.S.A. 2013. "A Development of an Automatic Microcontroller System for Deep Water Culture (DWC)". *IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*. Hal 328-332.
- Velazquez, L.A.; Hernandez, M.A.; Leon, M.; Dominguez, R.B.; Gutierrez, J.M. 2013. "First Advances on the Development of a Hydroponic System for Cherry Tomato Culture".

10th International Conf. on Electrical Eng., Computing Science and Automatic Control (CCE). Hal 155-159.

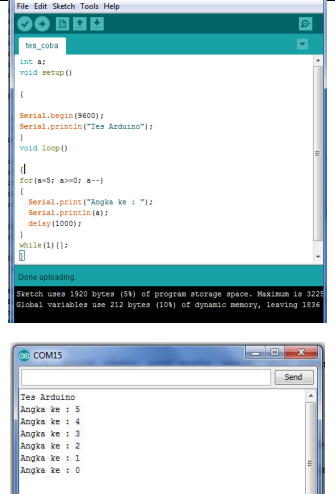
Wiryanta, B. T. W. (2002). Bertanam Tomat.. Jakarta: Agromedia Pustaka.

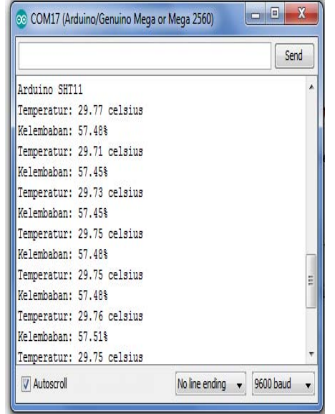
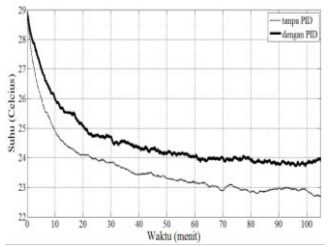
Triwidyastuti, Y., Puspasari, I., & Harianto. (2017). Kendali PID Untuk Pengaturan Suhu Pada Budidaya Tomat Ceri. SNTEKPAN V (p. C97). Surabaya: ITATS.

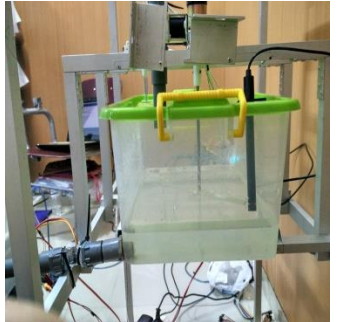
## LAMPIRAN

### Lampiran A. Instrumen

Berdasarkan pelaksanaan penelitian didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

No.	Pengujian	Fungsi	Indikator Keberhasilan	Hasil	Dokumentasi Kegiatan
1.	Pengujian Mikrokontroler	Tahap pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja Arduino yang digunakan pada penelitian tidak mengalami kerusakan dan kegagalan pada saat mengeksekusi program. Sehingga pada saat Arduino digunakan dapat berjalan dengan baik dan lancar.	Program dapat diupload	Pada pengujian program pada Arduino Mega 2560 melalui software Arduino IDE dapat dilihat hasil yang telah di-upload, bertuliskan "Done Uploading", yang berarti bahwa program yang ditulis telah benar dan berhasil di-upload pada Arduino Mega 2560.	 <p>The screenshot shows the Arduino IDE interface. The top window displays the code for a program named 'tes_coba'. The code includes a setup function that initializes a serial port at 9600 baud and a loop function that prints the value of a variable 'a' (which starts at 5 and decrements to 0) to the serial monitor. The bottom window shows the serial monitor output, displaying the text 'Tes Arduino' followed by the values of 'a' from 5 down to 0. The status bar at the bottom indicates that the sketch uses 1920 bytes of program storage space and 712 bytes of dynamic memory.</p>

2	Pengujian Modul Sensor SHT11	Untuk mengetahui kinerja Sensor modul SHT11 digunakan sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban pada ruang lingkup sekitar sensor.	Perubahan nilai kelembaban dapat terbaca oleh sensor	Hasil pengujian pada sensor modul SHT11 dapat dibaca oleh Arduino Mega 2560 dengan waktu pengambilan data setiap kelipatan satu detik berjalan dengan baik. Nilai suhu dan kelembaban berubah sesuai dengan kondisi ruang lingkup disekitar sensor.	
3	Pengujian Aktuator Pengkondisi Suhu Udara	Pada pengujian kali ini air conditioner mengatur suhu pada ruang lingkup otomatis yang di-remote oleh infra red	Indikator keberhasilannya adalah jika actuator pengkondisi udara mampu mempertahankan kondisi set-	Telah diujikan selama 105 menit dengan sistem PID bahwa actuator pengkondisi	

		<p>dan nilai suhu yang keluar dibaca oleh sensor SHT11. Pengujian aktuator air conditioner ini bertujuan untuk melihat seberapa baik kinerja AC dan mengetahui keluaran sistem dalam menuju setpoint yang diinginkan sehingga keluaran yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan serta keinginan pada penelitian. Pada penelitian ini set poin yang diinginkan adalah sebesar 24<sup>0</sup>C.</p>	point.	udara mampu stabil pada set-point.	
4	Pengujian sensor EC	<p>Pengujian sensor EC digunakan untuk mengetahui kinerja sensor yang pada akhirnya untuk</p>	<p>Indikator keberhasilan pada pengujian sensor ini adalah ketika sensor mengalami perubahan nilai</p>	<p>Hasil pengujian sensor ini dapat diterapkan karena mengalami</p>	<p>Penempatan sensor EC:</p> 

		mengetahui kadar nutrisi pada tandon nutrisi otomatis, dimana pada penelitian ini terdapat setting untuk nilai EC yaitu sebesar 2000 $\mu S / cm \cdot$	EC, dan saat diterapkan mampu mendeteksi perubahan nilai EC sehingga jika campuran nutrisi sesuai keinginan penelitian.	nilai perubahan sat terjadi pencampuran sehingga menyebabkan katup pada nutrisi mengalir pada wadah hidroponik.	
5	Pengujian sensor pH	Pengujian ini digunakan untuk melihat kinerja sensor pH, dan kalibrasi serta menerapkan sensor pH pada wadah hidroponik.	Indikator keberhasilannya adalah ketika sensor pH mampu membaca perubahan nilai pH pada wadah hidroponik kurang dari 5,5.	Telah berhasil uji coba sensor pH pada wadah hidroponik, karena saat nilai pH wadah hidroponik kurang dari 5,5 wadah hidroponik mengalami pengurasan secara otomatis.	 <p>Penempatan sensor pH pada wadah hidroponik</p>
6	Pengujian sistem keseluruhan	Untuk melihat kinerja sistem dan melihat perbedaan hasil pembibitan	Indikator keberhasilannya, pembibitan berhasil, dari biji bisa tumbuh	Hasil uji coba, tanaman bisa tumbuh dari biji menjadi	Hasil pembibitan dengan sistem selama 3 minggu:



		tanaman tomat ceri tanpa sistem	menjadi tanaman.	tanaman, dan sistem ini dapat diterapkan di daerah perkotaan, khususnya Surabaya.	 <p>Hasil pembibitan tanpa sistem selama 3 minggu:</p> 
--	--	------------------------------------	---------------------	--	--

## Lampiran B1. Biodata Ketua Tim

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Ira Puspasari, S.Si.,M.T.
2	Jenis Kelamin	P
3	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4	NIK	090681
5	NIDN	0710078601
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Tulungagung, 10 Juli 1986
7	E-mail	ira@stikom.edu
8	Nomor Telepon/HP	085648194805
9	Alamat Kantor	Jln. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya
10	Nomor Telepon	0318721731
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 55 orang; S-2 = 0; S-3 = 0
12	Mata Kuliah yang Diampu	1. Elektronika
		2. Rangkaian Linier Aktif
		3. Teknik Komputasi
		4. Sistem Cerdas
		5. Matematika Teknik

### B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Airlangga, Surabaya	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	
Bidang Ilmu	Fisika-Material	Teknik Elektro - Elektronika	
Tahun Masuk-Lulus	2004 – 2008	2010 – 2013	
Judul Skripsi / Tesis / Disertasi	Maleasi Pada <i>Polyblend Polypropilene</i> (PP) dan Pati Tapioka	Studi Analisis Metode Ekstraksi Ciri Sinyal Suara Jantung Diastolik	
Nama Pembimbing / Promotor	Drs. Siswanto, M.Si.	Dr. Achmad Arifin.	

**C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2017	Otomasi Sistem Hidroponik Wick pada Pembibitan Tanaman Tomat Ceri	Hibah Penelitian Dosen Pemula (RISTEKDIKTI)	20 juta
2	2016	Adaptive Thresholding Pada Denoising Sinyal Suara Jantung Diastolik	Hibah Penelitian Dosen Pemula Internal (STIKOM)	5,5 juta
3	2013-2015	Auskultasi Jarak Jauh (Tele-Auscultation) untuk Perekaman, Pemrosesan dan Analisis Sinyal Jantung	Hibah Bersaing DIKTI/ Rp. 110.835.000	110,835 juta
4	2013	Analisis Non Stationer Pada Deteksi Non Invasive Sinyal Suara Jantung Koroner	Hibah Penelitian Dosen Pemula Internal (STIKOM)	6,9 juta

**D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Pengabdian kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2016	IbM Pelatihan Pemrograman Dasar PLC Di Smk Pgri 13 Surabaya	IbM Internal (STIKOM)	5 Juta
2	2014	Pelatihan Robotika untuk Guru-guru SMK di SMK Muhammadiyah 1 Gresik	IbM Internal (STIKOM)	7 Juta
3	2014	IbM Pelatihan Komputer Terintegrasi Bagi Pendidik di SDN Siwalan Panji	IbM Internal (STIKOM)	7 Juta
4	2013	Trainer Microsoft Office Word dalam Kegiatan Pelatihan Komputer Bagi Masyarakat Binaan Dinas Sosial Kota Surabaya	IbM Internal (STIKOM)	-
5	2013	Asisten Instruktur Dalam Kegiatan Pelatihan SPSS (Statistical Package For the Social Sciences) Bagi Mahasiswa Pasca Sarjana PGRI Adhi Buana Surabaya	IbM Internal (STIKOM)	-

**E. Publikasi Artikel Ilmiah pada Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1	Analisis Frekuensi-Waktu menggunakan Distribusi Wigner Ville pada sinyal jantung koroner	JUI SI (Jurnal Informatika dan Sistem Informasi)	Vol. 1 No. 1 Februari 2015
2	Saron Music Transcription Based on Rhythmic Information Using HMM on Gamelan Orchestra	Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)	Vol. 4 No. 2 Mei 2015

**F. Pemakalah Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Nama Temu Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (SNTEKPAN) V 2017	Analisis Frekuensi-Waktu Sinyal Jantung Koroner Berdasarkan Transformasi Wavelet	Surabaya, 19 Oktober 2017
2	Information and Communication Technology and System (ICTS) 2016	Heart murmurs extraction using the complete Ensemble Empirical Mode Decomposition and the Pearson distance metric	Surabaya, Oktober 2016
3	<i>ApWimob</i>	Wireless Tele-Auscultation for Phonocardiograph Signal Recording Through Zigbee Network	Bandung, Agustus 2015
4	SITIA	Analisis Ekstraksi Ciri Pada Suara Jantung Diastolik dengan menggunakan <i>Wavelet Transform</i> dan <i>Wigner Ville Distribution</i>	Surabaya, Mei 2013
5	<i>EECIS</i>	Analisis Non Stasioner Pada Suara jantung Diastolik	Malang, Mei 2012

**G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Rangkaian Listrik	2017	138	Revka Petra Media
2	Buku Ajar “Fisika”	2015	135	Internal STIKOM
3	Buku Ajar “Kalkulus II”	2014	115	Internal STIKOM
4	Buku Ajar “Kalkulus”	2013	110	Internal STIKOM

**H. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID

**I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik / Rekayasa Sosial Lainnya dalam 10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

**J. Penghargaan dalam 10 Tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)**

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Penugasan Penelitian Dosen Pemula.

Surabaya, 27 Oktober 2017

Ketua Pengusul,



(Ira Puspasari, S.Si.,M.T.)

## Lampiran B2. Biodata Anggota 1

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Yosefine Triwidyastuti, M.T.
2	Jenis Kelamin	P
3	Jabatan Fungsional	Tenaga Pengajar
4	NIK	130803
5	NIDN	0729038504
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Surabaya, 29 Maret 1985
7	E-mail	yosefine@stikom.edu
8	Nomor Telepon/HP	08123142241
9	Alamat Kantor	Jln. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya
10	Nomor Telepon	0318721731
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 20 orang; S-2 = 0; S-3 = 0
12	Mata Kuliah yang Diampu	1. Algoritma dan Pemrograman
		2. Komunikasi Data
		3. Sistem Operasi
		4. Pengolahan Sinyal Digital
		5. Desain dan Unjuk Kerja Jaringan

### B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	
Bidang Ilmu	Teknik Elektro – Telekomunikasi Multimedia	Teknik Elektro - Telematika	
Tahun Masuk-Lulus	2003 – 2007	2011 – 2013	
Judul Skripsi / Tesis / Disertasi	Analisis Kinerja Separate TF-Domain MUD pada Sistem TF-Domain Spread MC-CDMA	Deteksi Onset Sinyal Balungan Menggunakan Hidden Markov Model	
Nama Pembimbing / Promotor	Ir. Titiek Suryani, M.T.	Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.	



**C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2017	Otomasi Sistem Hidroponik Wick pada Pembibitan Tanaman Tomat Ceri	Hibah Penelitian Dosen Pemula (RISTEKDIKTI)	20 Juta
2	2016	Estimasi Parameter Sinyal QUS Menggunakan Algoritma SAGE pada Pengukuran Kepadatan Tulang	Hibah Penelitian Internal (STIKOM)	5,49 Juta
3	2014	Segmentasi Pembuluh Darah pada Citra Fundus Menggunakan Matematika Morfologi	Hibah Penelitian Dosen Pemula Internal (STIKOM)	3 Juta

**D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Pengabdian kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2016	Workshop Raspberry Pi of Things di SMK Kartika 1 Surabaya	IbM Internal (STIKOM)	5 Juta
2	2015	Pelatihan Komputer Dasar bagi Guru-guru di MI Ma'arif Bebekan Taman Sidoarjo	IbM Internal (STIKOM)	7 Juta
3	2014	Pelatihan Robotika untuk Guru-guru SMK di SMK Muhammadiyah 1 Gresik	IbM Internal (STIKOM)	7 Juta

**E. Publikasi Artikel Ilmiah pada Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1	Segmentasi Pembuluh Darah pada Citra Fundus Menggunakan Metode Morfologi	LINK (Lintas Sistem Informasi dan Komputer)	Volume 26 / Nomor 1 / Februari 2017
2	Saron Music Transcription Based on Rhythmic Information Using HMM on Gamelan Orchestra	TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)	Volume 13 / Nomor 1 / Maret 2015

**F. Pemakalah Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Nama Temu Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (SNTEKPAN) V 2017	Kendali PID untuk Pengaturan Suhu pada Budidaya Hidroponik Tomat Ceri	Surabaya, 19 Oktober 2017
2	The 3rd Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI) 2012	Gamelan Music Onset Detection Using Hidden Markov Model	Makassar, 30 November 2012

**G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

**H. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID

**I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik / Rekayasa Sosial Lainnya dalam 10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

**J. Penghargaan dalam 10 Tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)**

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Penugasan Penelitian Dosen Pemula.

Surabaya, 27 Oktober 2017

Anggota Pengusul,

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

(Yosefine Triwidyastuti, M.T.)

## Lampiran B3. Biodata Anggota 2

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Harianto, S.Kom., M.Eng.
2	Jenis Kelamin	L
3	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4	NIK	000285
5	NIDN	0722087701
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Madiun, 22 Agustus 1977
7	E-mail	hari@stikom.edu
8	Nomor Telepon/HP	(031)8530767/ 088803702264
9	Alamat Kantor	Jln. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya
10	Nomor Telepon	0318721731
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 49 orang; S-2 = 0; S-3 = 0
12	Mata Kuliah yang Diampu	1. Microcontroller
		2. Programmable Logic Controller
		3. Algoritma dan pemrograman
		4. Sistem cerdas

### B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	STMIK Surabaya	UGM	
Bidang Ilmu	Sistem Komputer	Teknik Elektro	
Tahun Masuk-Lulus	1995-2002	2007-2010	
Judul Skripsi / Tesis / Disertasi	Rancang bangun program pengendali robot trainer ARM-7220-4 berbasis	Pendeteksian warna benda menggunakan proses pengolahan citra pada <i>Programmable Logic Controller</i>	
Nama Pembimbing / Promotor	Peter Iksan, ST	Prof, Dr Thomas Sri Widodo ,DEA	

**C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2017	Otomasi Sistem Hidroponik Wick pada Pembibitan Tanaman Tomat Ceri	Hibah Penelitian Dosen Pemula (RISTEKDIKTI)	20 Juta
2	2013	<i>Vision Tracking Mobile Robot</i> Pendeteksi Objek dengan Menggunakan <i>Electronic-Nose</i> (tahun ke-2)	Hibah Bersaing DIKTI	55 Juta
3	2013	<i>Vision Tracking Mobile Robot</i> Pendeteksi Objek dengan Menggunakan <i>Electronic-Nose</i> (tahun ke-1)	Hibah Bersaing DIKTI	35 Juta
4	2013	Analisis Non Stationer Pada Deteksi Non Invasive Sinyal Suara Jantung Koroner	Hibah Penelitian Dosen Pemula Internal (STIKOM)	6,9 Juta

**D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Pengabdian kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2015	IbM Kelompok Ternak di Jawa Timur untuk Swasembada Pakan dengan Pengolahan Limbah Ampas Tahu	IbM DIKTI	45 Juta
2	2013	IbM Kelompok Peternak Kambing di Jawa Timur	IbM DIKTI	40 Juta
3	2012	Pembuatan Layanan Manajemen Data <i>Pedigree</i> dan Registrasi Ternak Menggunakan RFID untuk Kelompok Peternak Fadillah, Malang, Jawa Timur	IbM DIKTI	40 Juta

**E. Publikasi Artikel Ilmiah pada Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1	Electronic Nose Implementation	International Journal of	Vol. 3/No.

	using Neural Network Algorithm on Omni-directional Robot	Electrical and Computer Engineering (IJECE)	3/Tahun 2013
--	--	---	--------------

#### **F. Pemakalah Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Nama Temu Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (SNTEKPAN) V 2017	Kendali PID untuk Pengaturan Suhu pada Budidaya Hidroponik Tomat Cери	Surabaya, 19 Oktober 2017
2	SNASTI	Omnidirectional mobile robot pelacak bentuk dan warna benda dengan metode Hough Transform pada Ruang warna HSV	Tahun 2012 di STMIK Surabaya
3	SENAPUTRO	Komunikasi Nirkabel Dengan Metode Manchester Untuk pengendalian Peralatan Listrik Pada gedung	Tahun 2012 di Universitas Surakarta

#### **G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

#### **H. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID

#### **I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik / Rekayasa Sosial Lainnya dalam 10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

**J. Penghargaan dalam 10 Tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)**

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Penugasan Penelitian Dosen Pemula.

Surabaya, 27 Oktober 2017

Anggota Pengusul,



(Harianto, S.Kom.,M.Eng)

## Lampiran B4. Biodata Laboran 1

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Riggy Naufan Nur Ichsan
2	Jenis Kelamin	Laki – Laki
3	Program Studi	S1 Sistem Komputer
4	NIM/NIDN	13.41020.0097
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Bontang, 26 Juni 1995
6	Email	<a href="mailto:riggynaufan@gmail.com">riggynaufan@gmail.com</a>
7	No. Telp. / HP	085234528393

### B. Riwayat Pendidikan

	SD	SMP	SMA
Nama Institusi	SD YPVDP Bontang	SMP Boarding School Malang	SMA YPVDP Bontang
Jurusan	-	-	IPA
Tahun Masuk-Lulus	2001-2006	2007-2010	2010-2013

### C. Pemakalah Seminar Ilmiah (*oral presentation*)

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat

### D. Penghargaan dalam 10 tahun terakhir

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Peserta Kontes Robot Indonesia (KRI) Regional 4	DIKTI	2016

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Penugasan Penelitian Dosen Pemula.

Surabaya, 27 Oktober 2017

Anggota Pengusul,



(Riggy Naufan Nur Ichsan)



## Lampiran B5. Biodata Laboran 2

### E. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Taufanapri Maha Putra Dyka
2	Jenis Kelamin	Laki – Laki
3	Program Studi	S1 Sistem Komputer
4	NIM/NIDN	14.41020.0046
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Sidoarjo, 21 April 1996
6	Email	<a href="mailto:Putra.ardeka33@gmail.com">Putra.ardeka33@gmail.com</a>
7	No. Telp. / HP	082330594040

### F. Riwayat Pendidikan

	SD	SMP	SMA
Nama Institusi	SDN Jati Alun-Alun Sidoarjo	SMP N 1 Prambon Sidoarjo	SMK N 1 Pungging Mojokerto
Jurusan	-	-	TKJ
Tahun Masuk-Lulus	2002-2008	2008-2011	2011-2014

### G. Pemakalah Seminar Ilmiah (*oral presentation*)

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat

### H. Penghargaan dalam 10 tahun terakhir

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Perhargaan	Tahun
1	Panitia Kontes Robot Indonesia Regional 4	DIKTI	2015
2	Peserta Kontes Robot Indonesia (KRI) Regional 4	DIKTI	2016
3	Peserta Kontes Robot Indonesia (KRI) Regional 4	DIKTI	2017
4	Peserta Kontes Robot Indonesia (KRI) Tingkat Nasional	DIKTI	2017

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Penugasan Penelitian Dosen Pemula.

Surabaya, 27 Oktober 2017

Anggota Pengusul,



(Taufanapri Maha Putra Dyka)

## **Lampiran C. Artikel Ilmiah**

Artikel ilmiah yang dihasilkan dari penelitian ini antara lain:

1. Judul “Kendali PID untuk Pengaturan Suhu pada Budidaya Hidroponik Tomat Ceri” yang di-*published* di Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (SNTEKPAN) V 2017 ITATS
2. Judul “Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri” yang di-*submit* di Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI) Universitas Gadjah Mada

# KENDALI PID UNTUK PENGATURAN SUHU PADA BUDIDAYA HIDROPONIK TOMAT CERI

Yosefine Triwidyastuti<sup>1</sup>, Ira Puspasari<sup>2</sup>, dan Harianto<sup>3</sup>

Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya<sup>1,2,3</sup>

*e-mail: yosefine@stikom.edu*

## ABSTRACT

*Currently, cherry tomatoes is still cultivated in hydroponics system by manual handling. In this research, we use an automatic system to control the temperature of the hydroponic environment to meet the growing requirements of cherry tomatoes. The SHT11 module is used as an air temperature sensor, while the air conditioner as the actuator is controlled using a Proportional-Integral-Derivative (PID) controller. From the experimental results by setting the parameters Kp, Ki, and Kd of 3, 2, and 10, the PID control system yields an overshoot value of 1.17%, and a settling time of 57.5 minutes. This result is better than a system without PID controllers that is not stable.*

**Keywords:** *cherry tomatoes, hydroponic cultivation, PID controller, temperature control.*

## ABSTRAK

Saat ini, budidaya tanaman tomat ceri dengan sistem hidroponik pada umumnya masih dilakukan dengan penanganan manual. Dalam penelitian ini, dibuat sistem pengaturan otomatis untuk mengendalikan suhu lingkungan budidaya hidroponik agar memenuhi persyaratan tumbuh tomat ceri. Sensor SHT11 digunakan sebagai alat pengukur nilai suhu ruangan hidroponik, sedangkan pendingin ruangan sebagai aktuator dikendalikan menggunakan pengendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Dari hasil percobaan dengan pengaturan parameter Kp, Ki, dan Kd sebesar 3, 2, dan 10, sistem pengendali PID menghasilkan nilai overshoot sebesar 1,17%, serta *settling time* 57,5 menit. Hasil ini lebih baik daripada sistem tanpa pengendali PID yang tidak stabil.

**Kata kunci:** budidaya hidroponik, kendali PID, pengaturan suhu, tomat ceri.

## PENDAHULUAN

Tomat ceri (*Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme*) adalah buah tropis yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Harga jual buah tomat ceri berkisar antara Rp 20.000 per kg hingga Rp 30.000 per kg [1]. Oleh karena itu, budidaya tomat ceri dapat digolongkan sebagai salah satu usaha yang prospektif dalam industri pertanian. Buah tomat ceri berbentuk bulat atau bulat lonjong dan berukuran mini, serta berwarna merah dan memiliki rasa manis, sehingga disukai masyarakat.

Pada umumnya, tomat ceri dibudidayakan secara hidroponik. Dalam metode hidroponik, tanaman tomat ceri ditumbuhkan tanpa menggunakan tanah melainkan menggunakan medium seperti perlit, *rockwool*, vermikulit, arang sekam, pasir, kerikil, atau pecahan genting [2]. Keuntungan hidroponik adalah dapat diterapkan pada lahan sempit, tanaman menjadi lebih tahan hama dan penyakit, serta lebih hemat dalam penggunaan nutrisi.

Dalam hal produksi tomat ceri, terdapat lima sumber risiko produksi yang umum dihadapi petani yaitu keadaan cuaca, hama, penyakit, kualitas bibit, dan sumber daya manusia. Sumber risiko yang paling utama adalah masalah cuaca yang memiliki probabilitas 44%. Tingginya pengaruh cuaca tersebut menimbulkan nilai dampak risiko terhadap produksi tomat ceri sebesar Rp 9.722.492,00 [3]. Oleh karena itu, ruang budidaya tomat ceri seharusnya diatur dengan pengendalian yang akurat sehingga memenuhi syarat iklim tumbuh tanaman.

Saat ini, meskipun budidaya hidroponik pada umumnya masih dilakukan dengan metode konvensional dan membutuhkan tenaga ekstra untuk mengontrol kondisi tanaman secara manual, banyak penelitian yang mulai menerapkan sistem otomatis untuk pengendalian budidaya hidroponik. Beberapa penelitian menerapkan pengendali Fuzzy untuk mengatur suhu ruang budidaya hidroponik sebagai salah satu faktor utama yang mempengaruhi produksi tanaman [4-5]. Namun, metode Fuzzy tersebut menghasilkan respon sistem yang kurang stabil. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pengendali PID untuk mendapatkan hasil kendali yang lebih stabil. Selain itu, pengendali PID memiliki konsep penerapan yang sederhana, yaitu menggunakan nilai *error* dari umpan balik sistem untuk menentukan nilai kendali berikutnya [6].

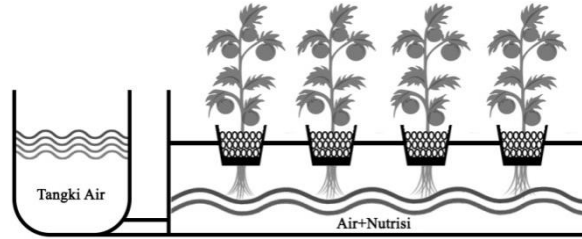
## TINJAUAN PUSTAKA

### Budidaya Hidroponik

Teknik budidaya hidroponik adalah teknik budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah. Ada banyak macam teknik hidroponik yang dapat dijumpai, tetapi umumnya keragaman tersebut merupakan variasi dari enam jenis dasar, yaitu sistem sumbu (*wick*), *Deep Water Culture* (DWC), EBB dan *Flow*, Irigasi Tetes (*Drip*

*Irrigation*), *Nutrient Film Technique* (NFT), dan aeroponik. Teknik hidroponik yang paling sederhana adalah sistem sumbu (*wick*) [2].

Teknik hidroponik sistem sumbu menggunakan sebuah tangki larutan nutrisi berukuran besar. Tanaman menyerap nutrisi tersebut dari suatu sumbu penghubung yang biasanya merupakan kain flanel. Sumbu tersebut mengalirkan nutrisi dari tangki yang ada di bawah pot tanaman ke akar tanaman menggunakan prinsip kapilaritas [2]. Salah satu keuntungan teknik hidroponik sistem sumbu adalah semua tanaman akan selalu mendapatkan kandungan nutrisi yang sama karena tanaman menyerap nutrisi dari satu tangki yang sama.

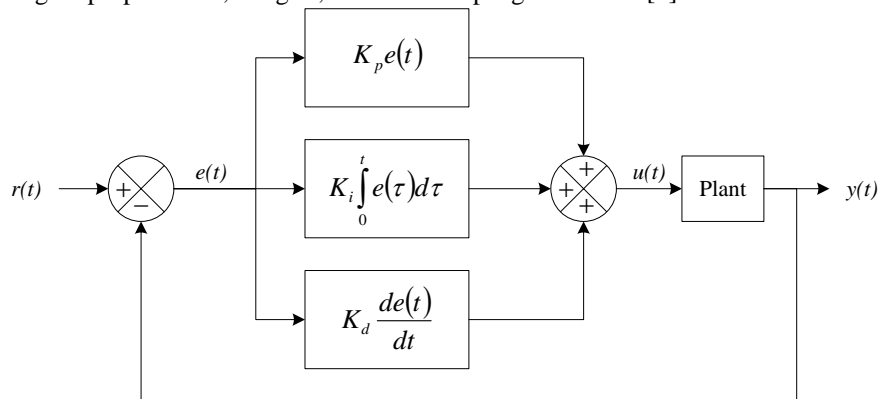


Gambar 1. Skema hidroponik sistem sumbu

### Pengendali PID

Pengendali PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan salah satu mekanisme pengaturan ketepatan suatu sistem dengan mengevaluasi nilai umpan balik (*feedback*) pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari tiga bagian, yaitu proporsional, integral, dan derivatif dengan masing-masing bagian memiliki kegunaannya sendiri. Dalam implementasinya, masing-masing bagian dapat bekerja sendiri maupun digabung dengan bagian-bagian yang lain.

Skema diagram blok PID secara umum dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai  $r(t)$  merupakan nilai *setpoint* yang ingin dicapai, sedangkan  $y(t)$  merupakan hasil keluaran sistem PID yang ingin dikendalikan hingga nilainya sama dengan *setpoint*. Nilai  $e(t)$  adalah selisih nilai keluaran dengan *setpoint*. Nilai *error* ini dimasukkan ke bagian proporsional, integral, dan derivatif pengendali PID [6].



Gambar 2. Diagram blok pengendali PID

Keseluruhan bagian proporsional, integral, dan derivatif pada pengendali PID akan membentuk sinyal kendali  $u(t)$  yang merupakan hasil penjumlahan dari tiga bagian tersebut, yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad \dots(1)$$

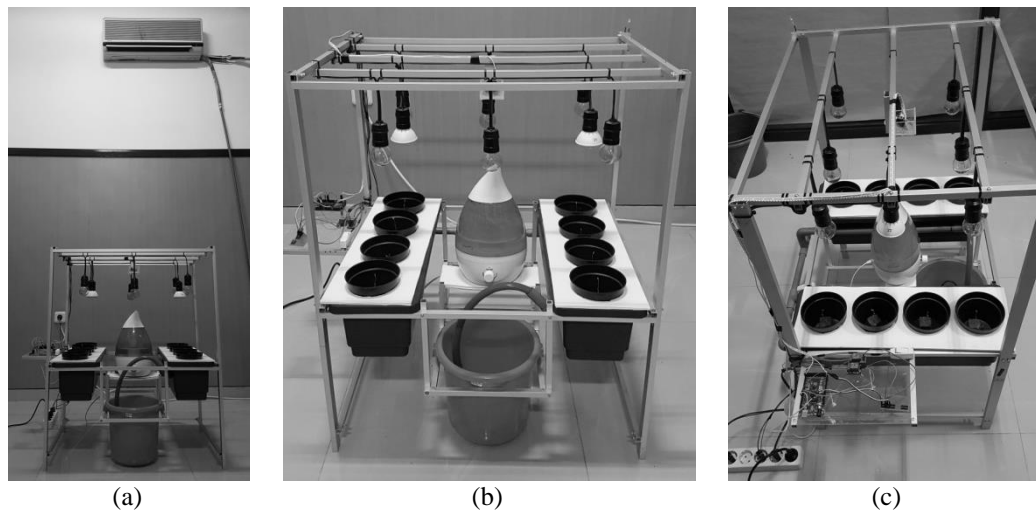
Dalam perancangan sistem kendali PID, hal yang perlu dilakukan adalah mengatur konstanta proporsional ( $K_p$ ), integral ( $K_i$ ), dan derivatif ( $K_d$ ) agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu menjadi tepat sebagaimana yang diinginkan. Kemudian nilai sinyal kendali dimasukkan ke *plant* atau aktuator untuk melakukan proses pengendalian. Tanggapan keluaran yang dihasilkan diukur kembali menggunakan sensor serta dibandingkan dengan nilai *setpoint*.

Untuk mengimplementasikan pengendali PID pada mikrokontroler, bentuk sinyal kendali tersebut diubah menjadi bentuk diskrit, sesuai dengan persamaan (2).

$$u(t_k) = K_p e(t_k) + K_i \Delta t \sum_{i=1}^k e(t_i) + \frac{K_d}{\Delta t} (e(t_k) - e(t_{k-1})) \quad \dots(2)$$

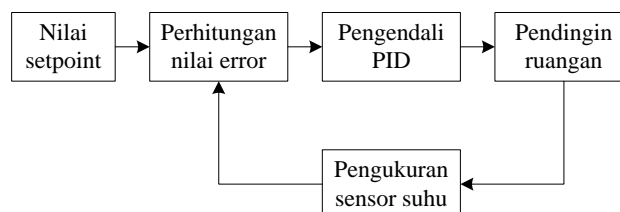
### METODE

Sistem otomasi budidaya hidroponik yang diterapkan pada tanaman tomat ceri dapat dilihat pada Gambar 3. Secara keseluruhan, sistem terdiri dari pendingin ruangan, sensor SHT11, panel kontrol, LED *grow light*, lampu pijar, *humidifier*, pot, *rockwool*, benih tanaman, dan timba air. Rancang bangun sistem ini dibuat dengan ukuran 72 x 55 x 90 cm.



Gambar 3. Sistem otomasi budidaya hidroponik, a) tampak keseluruhan, b) tampak depan, c) tampak samping

Untuk menggabungkan sistem pengendalian PID pada sistem hidroponik, dibuat diagram blok sistem pengaturan suhu ruang budidaya hidroponik seperti pada Gambar 4. Sensor SHT11 digunakan untuk mengukur nilai suhu pada ruang budidaya. Nilai suhu tersebut dimasukkan ke pengendali PID. Kemudian sinyal keluaran PID dimasukkan ke aktuator berupa pendingin ruangan agar suhu ruang menjadi sesuai untuk budidaya tanaman tomat ceri.

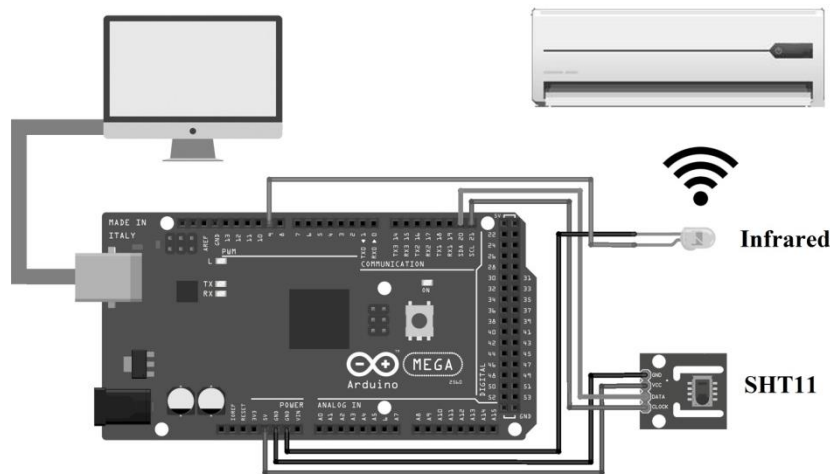


Gambar 4. Diagram blok sistem pengaturan suhu

Gambar 5 adalah rangkaian sistem yang dipasang pada sistem pengaturan suhu budidaya hidroponik. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pusat kendali, sedangkan masukan berupa modul sensor SHT11. Hasil keluaran akan memerintah aktuator berupa pemancar *infra red* yang mengirimkan nilai suhu yang dituju ke pendingin ruangan. Tabel 1 menunjukkan konfigurasi pin pada mikrokontroler.

Tabel 1. Konfigurasi Pin Mikrokontroler

No Pin	Terhubung dengan
20	Pin 1 (Data SHT11)
21	Pin 3 (Clock SHT11)
9	Data Infrared

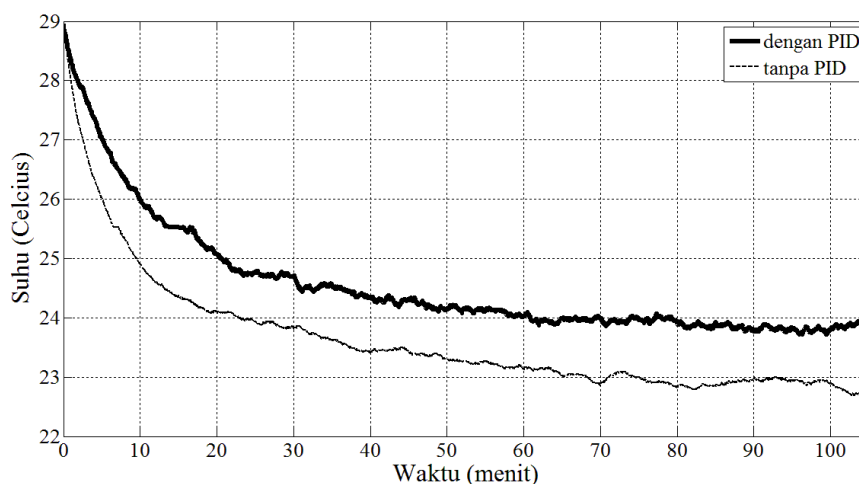


Gambar 5. Rangkaian sistem pengaturan suhu

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian sistem pengendalian suhu

Hasil pengujian sistem pengendali PID selama 105 menit dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 2. Parameter PID diatur dengan cara *trial and error*. Hasil maksimal yang dapat dicapai adalah sistem pengendali PID dengan pengaturan parameter  $K_p$  sebesar 3,  $K_i$  dengan nilai 2, dan  $K_d$  bernilai 10. Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa sistem pengendali PID dapat mempertahankan keadaan suhu ruangan dengan setpoint  $24^{\circ}\text{C}$ , yang merupakan suhu normal budidaya tomat ceri [3].



Gambar 6. Hasil pengendalian suhu

Dari Tabel 2, dapat diketahui bahwa sistem tanpa pengendali PID tidak dapat mempertahankan suhu sehingga tidak memiliki *settling time*. Meskipun sistem tanpa PID mampu memiliki *rise time* yang lebih cepat, sistem tanpa PID menghasilkan *overshoot* yang lebih besar. Hal ini berbeda dengan unjuk kerja sistem pengaturan suhu dengan pengendali PID yang mampu menunjukkan hasil yang lebih baik.

Tabel 2. Unjuk kerja pengendalian suhu

Sistem	Rise Time	Overshoot	Settling Time
Dengan PID	60 menit	1,17 %	57 menit
Tanpa PID	23 menit	5,5 %	-

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa sistem pengendali PID dapat mengatur suhu secara stabil sehingga sesuai dengan syarat tumbuh tomat ceri. Dengan pengaturan parameter  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  sebesar 3, 2, dan 10, unjuk kerja sistem dengan pengendali PID memiliki *rise time* sebesar 60 menit, dan menghasilkan nilai *overshoot* sebesar 1,17%, serta *settling time* dengan waktu 57,5 menit. Hal ini berbeda secara signifikan dengan sistem tanpa pengendali PID yang tidak dapat mencapai *steady state*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, atas pendanaan Hibah Penelitian Dosen Pemula dari DRPM Ditjen Penguatan Risbang, sesuai dengan kontrak penelitian nomor 079/SP2H/K2/KM/2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Afandi, *Pengaruh Konsentrasi Nutrisi dan Macam Media Substrat terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tomat Cherry (Lycopersicon esculentum var. cerasiforme) dengan Sistem Hidroponik*, Skripsi, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, 2016.
- [2] M. Kusumah, *Pengaruh Berbagai Macam Sumber Nutrisi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (Licopersicum esculentum Mill) pada Sistem Hidroponik Sumbu*, Skripsi, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2016.
- [3] A. Yamin, *Analisis Risiko Produksi Tomat Cherry pada PD Pacet Segar Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat*, Skripsi, Departemen Agribisnis, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, 2012.
- [4] R. B. Ali *et. al.*, "Fuzzy Logic Controller of Temperature and Humidity Inside an Agricultural Greenhouse," *7<sup>th</sup> International Renewable Energy Congress (IREC)*, 2016.
- [5] L. Shujiang *et. al.*, "Design of Greenhouse Environment Controller Based on Fuzzy Adaptive Algorithm," *The 27<sup>th</sup> Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 2015.
- [6] M. Mahdavian, N. Wattanapongsakorn, "Multi-Objective Optimization of PID Controller Tuning for Greenhouse Lighting Control System Considering RTP in the Smart Grid," *International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, 2014.



# Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri

Ira Puspasari<sup>1</sup>, Yosefine Triwidyastuti<sup>2</sup>, Harianto<sup>3</sup>

**Abstract**—The process of maintaining the hydroponics wick system manually requires extra power, especially in seeding time for cherry tomato plants. To produce superior plants, several factors must be maintained. Therefore, this study made an automatic control system to control the temperature and humidity of the room, pH and EC content in nutrient solution. This research applies PID control system to stabilize the room temperature at 24°C. The result of this study with parameter setting Kp, Ki, Kd of 3, 2, and 10 is the performance has a rise time of 60 minutes, overshoot value of 1.17%, and settling time of 57.5 minutes, while system without PID controllers cannot reach the steady state. The humidity controlled system can reach the set point 80% for 150 seconds. The pH test results show that the pH sensor response time from 6.9 to 5.34 is 12.8 minutes. When the pH sensor has read a pH value of less than 5.5, the system can drain hydroponics container automatically. The EC control results show that based on the time variation, the longer the water valve opens, the longer it takes for the process of mixing the nutrients with EC 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Integrated test results show the rate of plant's height using a controlled system is 2.675 cm/week, while in plants without controlled system is 0.2 cm/week. In addition, cherry tomatoes with controlled system have an increment of the number of leaves per week as much as 2 sheets, while without controlled system is 0 sheets.

**Intisari**—Proses pemeliharaan sistem hidroponik wick secara manual membutuhkan tenaga ekstra, terutama pembibitan tanaman tomat ceri. Untuk menghasilkan bibit yang unggul, faktor yang harus dipenuhi, antara lain: nilai pH, *Electrical Conductivity* (EC) larutan nutrisi, suhu dan kelembaban udara. Penelitian ini mengendalikan suhu dan kelembaban ruangan, kandungan pH dan EC pada larutan nutrisi. Kendali suhu ruang hidroponik penelitian ini sebesar 24°C. Penelitian ini menerapkan sistem kendali PID untuk menstabilkan suhu ruang hidup tanaman. Hasil dari penelitian ini parameter Kp, Ki, Kd sebesar 3, 2, dan 10, unjuk kerja sistem pengaturan suhu dengan pengendali PID memiliki *rise time* sebesar 60 menit, dan menghasilkan nilai *overshoot* sebesar 1,17%, serta *settling time* 57,5 menit. Sistem tanpa pengendali PID tidak dapat mencapai *steady state*. Pengujian kendali kelembaban mencapai nilai *set point* 80% selama 150 detik. Selain itu, pengaturan pH digunakan untuk menjaga kondisi pH larutan pada wadah hidroponik. Hasil pengujian sensor pH menunjukkan respon waktu dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Sensor pH telah membaca nilai pH kurang dari 5,5 dan mengubah kondisi *relay* untuk melakukan pengurasan wadah hidroponik. Sistem kendali EC untuk membuat nutrisi secara otomatis. Berdasarkan variasi waktu, semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pencampuran menjadi nutrisi dengan nilai EC 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Pengujian sistem secara terintegrasi

menunjukkan bahwa, laju ketinggian tanaman tomat ceri dengan sistem 2,675 cm/minggu, tanpa sistem 0,2 cm/minggu. Berdasarkan pengamatan jumlah daun, dengan sistem memiliki perkembangan jumlah daun per minggu sebanyak 2 lembar, tanpa sistem sebanyak 0 lembar.

**Kata Kunci**— hidroponik, sistem wick, pembibitan tomat ceri, EC, pH, suhu, kelembaban.

## I. PENDAHULUAN

Budidaya hidroponik menjadi pilihan saat ini terutama di daerah perkotaan. Teknologi hidroponik memiliki beberapa keuntungan antara lain: terdapat kemudahan pengelolaan, efisiensi jumlah nutrisi atau pupuk, jumlah air, dan juga dapat dikembangkan secara komputerisasi [1].

Beberapa jenis hidroponik, yaitu Wick, *Deep Water Culture* (DWC), EBB dan *Flow (Flood & Drain)*, *Drip (recovery atau nonrecovery)*, *Nutrient Film Technique* (NFT) dan Aeroponik. Ada ratusan variasi pada sistem hidroponik, tetapi semua metode hidroponik adalah variasi dan kombinasi dari enam jenis dasar [2]. Penelitian ini menggunakan jenis Teknologi Hidroponik Sistem Sumbu (*wick*), di mana teknologi ini adalah pengembangan dari sistem *water culture*.

Salah satu tanaman yang cocok untuk diterapkan pada sistem hidroponik adalah tomat ceri. Pemilihan tomat ceri dikarenakan buah ini memiliki banyak keuntungan. Penelitian yang telah ada melakukan percobaan di dataran tinggi dengan penanaman tomat ceri di lapangan serta melakukan pemantauan dan pemeliharaan yang cukup baik, menghasilkan produksi sebesar 1.5-2 kg setiap pohon, sedangkan pada sistem hidroponik menghasilkan 5.1-5.8 kg per pohon [3].

Hasil budidaya tomat ceri mengalami nilai fluktuasi pada pasar. Dari tahun 2002-2006 hasil laporan direktorat pengembangan usaha hortikultura menyebutkan bahwa nilai panen mengalami perubahan yang bervariasi 573-517, 657-459, 626-872, 647-020, 678-526 ton. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: pengendalian hama yang kurang baik, perawatan yang kurang intensif, varietas tanaman yang kurang sesuai, media tanam yang tidak sesuai. Untuk meningkatkan hasil serta mendapatkan hasil yang maksimal pada tanaman tomat ceri maka diperlukan kestabilan dengan nilai temperatur 17°C-28°C. Keadaan temperatur dan kelembaban yang tidak sesuai akan berpengaruh kurang baik terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas buah tomat ceri. Kelembaban relatif yang diperlukan untuk tanaman tomat ceri adalah 80% [4].

Tanaman tomat ceri memerlukan intensitas cahaya matahari sekurang-kurangnya 10-12 jam setiap hari [5]. Selain faktor suhu dan kelembaban, faktor lain yang mempengaruhi kualitas tanaman tomat ceri adalah *Electrical Conductivity* (EC) dan potensi ion hidrogen (pH). Perubahan

<sup>1,2,3</sup>Dosen, Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknologi dan Informatika, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, Jl. Raya Kedung Baruk no. 98 Surabaya 60298 INDONESIA (telp: 031 - 8721731; fax: 031 - 8710218; e-mail: ira@stikom.edu).

tingkat pH akan berpengaruh terhadap aktivitas fotosintesis tanaman, karena  $\text{CO}_2$  mudah larut dalam air dan menurunkan pH. Pertumbuhan maksimal tanaman dapat dicapai dengan meningkatkan kapasitas  $\text{CO}_2$ . Karena nilai pH dapat memberikan pengaruh terhadap aktivitas fotosintesis tanaman, tingkat pH dalam larutan air harus dikontrol untuk menghindari tanaman akan rusak [6].

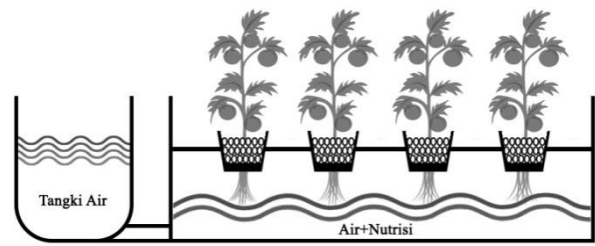
Berdasarkan penelitian tentang larutan nutrisi untuk budidaya hidroponik, nilai *electrical conductivity* mempengaruhi kondisi tanaman. Nilai EC yang tidak sesuai akan mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan. Nilai EC yang terlalu tinggi menyebabkan lambatnya pertumbuhan tanaman. Larutan nutrisi yang terlalu tinggi mengakibatkan tanaman tumbuh lambat dan tingginya biaya produksi. Sebaliknya, jika nutrisi yang terlalu rendah akan menyebabkan produktivitas tanaman menurun [7]. Oleh sebab itu, pada penelitian ini membuat rancang bangun hidroponik dengan metode *wick* untuk pembibitan tanaman tomat ceri yang bekerja secara otomatis yang dipantau oleh sensor. Beberapa sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan kelembaban SHT 11, sensor pH, sensor EC. Hasil sensor diolah oleh mikrokontroler dan aktuator dikendalikan untuk menjaga kondisi tanaman. Pencampur larutan hara bekerja saat nilai pH dan EC tidak sesuai dengan *set point*. Humidifier akan bekerja ketika kelembaban udara rendah. Sedangkan pengkondisi suhu akan dijalankan saat suhu yang terukur di atas  $24^{\circ}\text{C}$ . Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pengendali otomatis nilai pH, EC, suhu dan kelembaban pada pembibitan tanaman tomat ceri dengan sistem tanam hidroponik *wick*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa teori penunjang pada penelitian ini, yaitu karakteristik komponen, dan fungsi masing-masing komponen, dijelaskan lebih lanjut pada bagian ini.

### A. Teknik Hidroponik Sistem Sumbu (*Wick*)

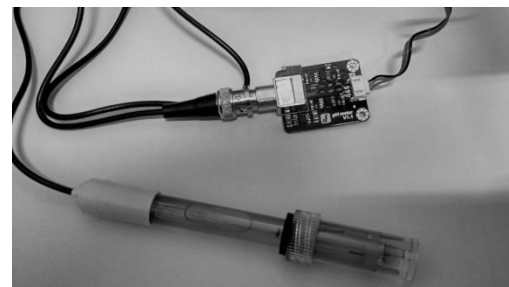
Teknik hidroponik sistem *wick* merupakan salah satu sistem hidroponik yang paling sederhana sekali dan biasanya digunakan oleh kalangan pemula. Sistem ini termasuk pasif, karena tidak ada bagian-bagian yang bergerak. Nutrisi mengalir ke dalam media pertumbuhan dari dalam wadah menggunakan sejenis sumbu yang biasanya menggunakan kain flanel. Sistem ini menggunakan tangki yang berisi larutan nutrisi yang besar. Penyerapan nutrisi pada tanaman dilakukan dengan menggunakan kain flanel. Prinsip yang diterapkan pada sistem ini adalah kapilaritas. Keuntungan dari tipe ini adalah semua tanaman mampu menyerap nutrisi yang sama dengan kualitas nutrisi yang sama karena tanaman berada pada wadah hidroponik yang sama [8]. Gbr 1 menunjukkan sistem hidroponik *wick*.



Gbr. 1 Sistem Hidroponik Wick.

### B. Sensor pH

Penelitian ini menggunakan sensor Analog pH Kit DF Robot. Sensor pH kit Arduino pada penelitian ini memiliki fitur *range* pengukuran pH : 0-14, *range* suhu operasi :  $0-80^{\circ}\text{C}$ . Nilai nol pH sebesar  $7 \pm 0.25$ . Alkali *Error* kurang dari 15 mv. Besarnya *noise* 0,5 mV [9]. Sensor penelitian ini ditunjukkan pada Gbr 2.



Gbr. 2 Sensor Analog pH Kit.

### C. Sensor EC

Sensor *probe* K 1.0 ini dapat mengukur konduktivitas listrik mulai dari  $5 \mu\text{S}/\text{cm}$  hingga  $200 \text{ mS}/\text{cm}$ . Sensor ini dapat bekerja pada suhu  $0-70^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 1379 kPa atau 200 PSI [10]. Sensor yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gbr 3.

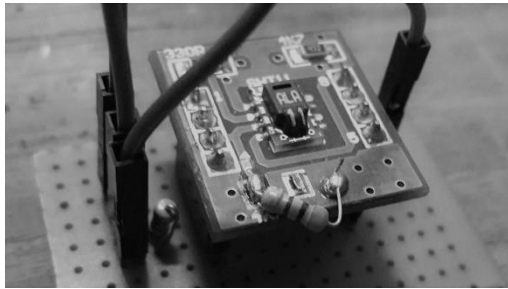


Gbr. 3 Sensor EC

### D. DT-Sense Temperature & Humidity Sensor

Modul sensor cerdas berbasis sensor SHT11 ini dapat digunakan untuk mendeteksi besarnya temperatur udara dan kelembaban nisbi (*Relative Humidity*) di sekitar sensor. Keluaran sensor ini berupa data digital yang sudah terkalibrasi penuh sehingga dapat dipakai langsung tanpa perhitungan tambahan [11]. Rentang nilai sensor suhu adalah  $40-123,8^{\circ}\text{C}$ .

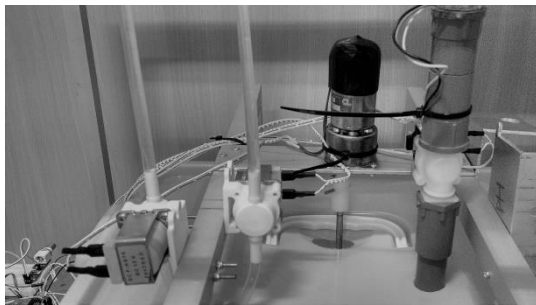
Sedangkan sensor kelembaban memiliki *range* 0-100%RH. Sensor yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gbr 4.



Gbr. 4 Sensor SHT 11

#### E. Electric Solenoid Valve

Katup listrik yang dipakai adalah *electric solenoid valve* dengan diameter eksternal 3/4" (19mm). Katup ini dipasang pada tandon air dan pupuk cair untuk membatasi jumlah air dan pupuk cair yang akan dicampur menjadi larutan hara. Katup ini bekerja pada tegangan 24 VDC dengan arus maksimum 450 mA. Katup listrik yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gbr 5.



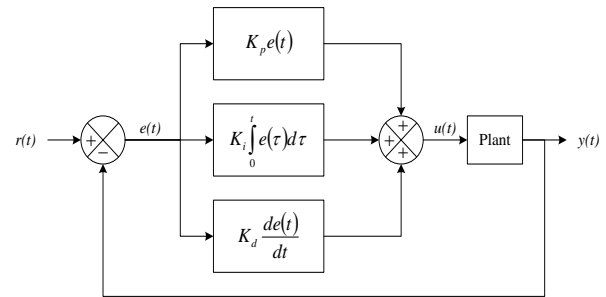
Gbr. 5 Electric Solenoid Valve

#### F. Metode PID (Proporsional Integral Derivatif)

PID (Proporsional Integral Derivatif) *Controller* merupakan kontroler untuk menentukan ketepatan suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik (*feedback*) pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proporsional, Integral, Derivatif dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya, masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I, atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan. Penelitian ini menerapkan metode PID untuk mengendalikan kestabilan temperatur ruang hidroponik. Secara sistem, kendali PID ditunjukkan pada Gbr 6.

Pada pengendali PID, seluruh bagian dari proporsional P, I dan D membentuk sebuah sinyal untuk kendali. Keseluruhan bagian proporsional, integral, dan derivatif pada pengendali PID akan membentuk sinyal kendali  $u(t)$  dimana sinyal ini merupakan hasil penjumlahan dari ketiga bagian proporsional. Persamaan kendali pada penelitian ini mengacu pada (1).

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

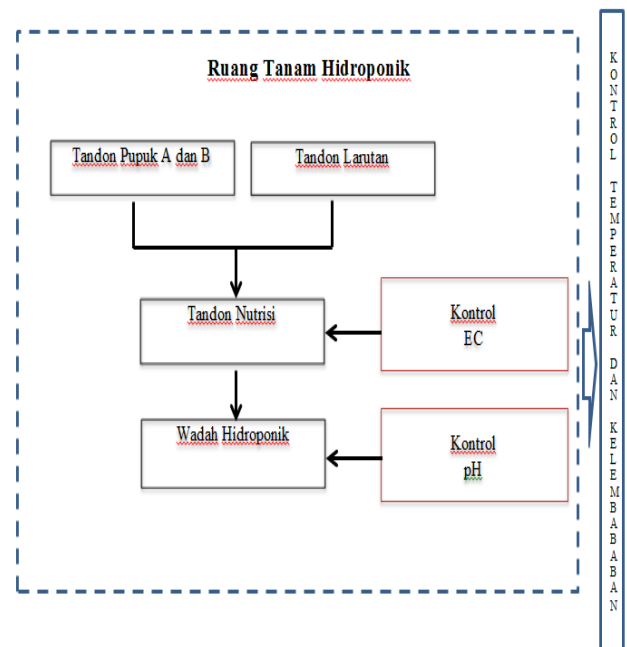


Gbr. 6 Sistem Kendali PID

Penelitian ini merancang sistem kendali, dengan mengatur nilai konstanta proporsional ( $K_p$ ), integral ( $K_i$ ), dan Derivatif ( $K_d$ ). Hal ini dilakukan agar nilai sinyal keluaran sistem bisa seperti yang diinginkan. Nilai sinyal kendali selanjutnya masuk ke aktuator untuk melakukan pengendalian. Sinyal keluaran dihitung kembali dengan menggunakan sensor selanjutnya dibandingkan dengan *set point* dari penelitian ini [8].

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini membuat sistem hidroponik dengan mengintegrasikan beberapa kontrol. Terdapat empat kontrol pada sistem ini: kontrol suhu, kontrol kelembaban, kontrol EC dan kontrol pH. Masing-masing kontrol memiliki fungsi untuk mengatur bagian dari sistem ini. Blok diagram pada penelitian ini ditunjukkan pada Gbr 7.



Gbr. 7 Blok Diagram Penelitian

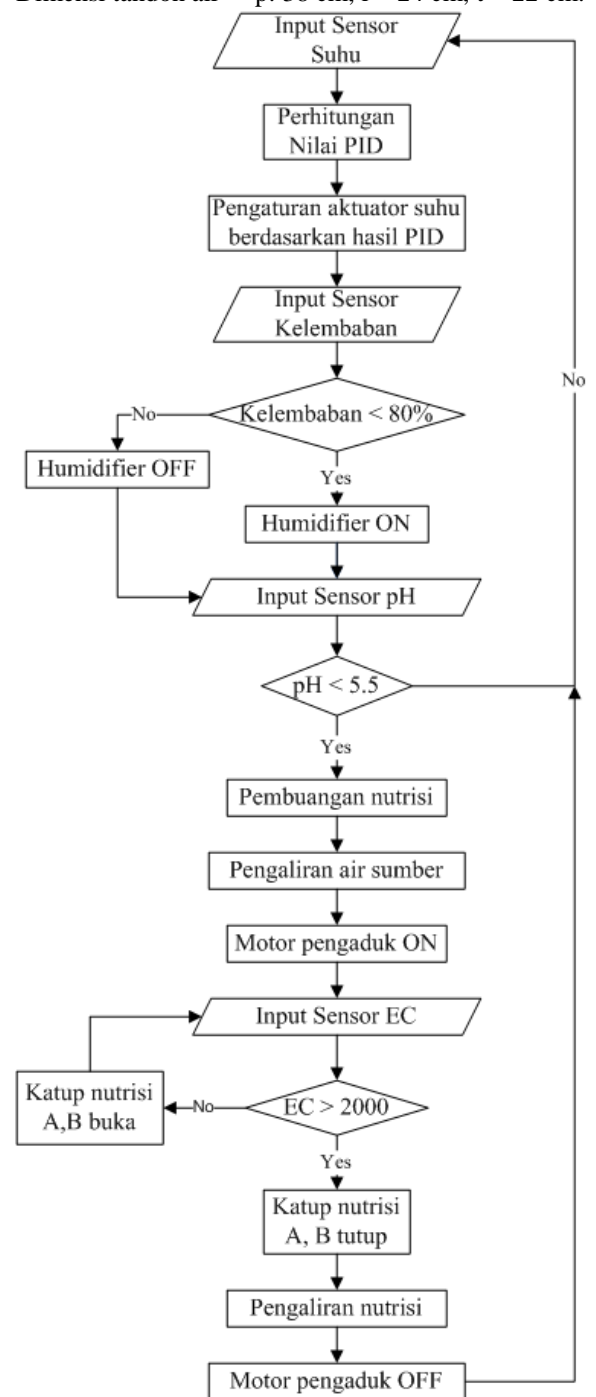
Ruang tanam hidroponik dikontrol suhu dan kelembabannya, karena tanaman tomat ceri harus dalam *range* 17-28°C, dan pada sistem ini suhu ruang tanam dikondisikan stabil dengan suhu 24°C. Pengendalian suhu ini telah dilakukan dan diterapkan dengan uji coba menggunakan sistem non PID dan sistem PID untuk mengontrol pengkondisi udara. Pengaturan kelembaban pada sistem ini menggunakan *humidifier*, dengan nilai *set point* kelembaban sebesar 80%. Selain mengondisikan ruang tanam hidroponik, pencampuran nutrisi juga dibuat secara otomatis. Tandon nutrisi berisi campuran dari Tandon pupuk A, Tandon pupuk B, serta tandon larutan yang berisi air. Terdapat katup otomatis untuk mengalirkan tandon pupuk A, B dan larutan. Setelah katup membuka, langkah berikutnya pada sistem ini adalah proses pengadukan campuran pada tandon nutrisi. Pengadukan ini menggunakan motor DC 24 V. Tandon nutrisi dilengkapi dengan sensor EC yang berfungsi untuk mendeteksi nilai EC dari campuran. Air hasil nutrisi dengan nilai EC yang sesuai dialirkan ke wadah hidroponik. Sensor pH dipasang pada wadah hidroponik untuk memastikan pH pada wadah masih sesuai dengan *set point*.

Seluruh proses dalam sistem mulai dari masukan sampai dengan keluaran ditunjukkan pada *flow chart* Gbr 8. Sensor suhu menerima masukan berupa data suhu ruang tanam hidroponik. Sistem kontrol suhu pada penelitian ini menggunakan metode PID. Metode ini dipilih karena dapat menjaga suhu ruang stabil pada suhu tanam tomat ceri yaitu 24°C. Proses perhitungan PID memerlukan pengaturan nilai Kp, Ki dan Kd. Nilai Kp, Ki dan Kd digunakan untuk mengatur aktuator suhu yang berupa pengkondisi udara (AC) sehingga suhu stabil. Setelah proses pengaturan suhu, sensor kelembaban menerima masukan berupa kondisi kelembaban ruang tanam. Jika nilai kelembaban ruangan kurang dari 80%, maka *humidifier* akan menyala sampai kondisi *set point* kelembaban tercapai.

Proses selanjutnya adalah pengecekan nilai pH nutrisi pada wadah hidroponik. Sistem ini akan melakukan pengecekan secara berkala pada wadah hidroponik, karena tanaman tomat ceri tumbuh dengan baik pada nutrisi yang memiliki rentang pH 5,5-6,5. Jika nilai pH terdeteksi kurang dari 5,5 maka tandon wadah hidroponik akan menguras secara otomatis. Jika terjadi pembuangan nutrisi pada wadah hidroponik, maka secara otomatis terdapat pengaliran pupuk A, pupuk B, larutan air menuju wadah nutrisi. Proses berikutnya adalah pengadukan larutan pada wadah nutrisi. Proses pencampuran ini dikontrol oleh sensor EC, dimana sensor ini mengirim data perubahan nilai EC setiap detik. Jika nilai EC kurang dari 2000  $\mu S/cm$ , maka katup nutrisi A dan nutrisi B akan membuka dan mengalir ke tandon nutrisi. Jika nilai EC lebih dari 2000  $\mu S/cm$ , maka katup nutrisi akan menutup dan nutrisi siap dialirkan ke wadah hidroponik. Rancang bangun mekanik pada penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu rancangan mekanik untuk tempat otomatis pencampuran nutrisi, dan wadah hidroponik. Berikut ini adalah rincian ukuran rancang bangun sistem hidroponik:

- Dimensi mekanik = p: 62,5 cm, l: 46 cm, t: 99 cm.

- Dimensi tandon larutan A dan B = p: 18 cm, l: 11 cm, t: 10 cm.
- Dimensi tandon air = p: 38 cm, l = 24 cm, t = 22 cm.



Gbr. 8 Flow chart keseluruhan sistem.

- Dimensi tandon pencampur = p: 36 cm, l : 24 cm , t: 17,5 cm.
- Jumlah motor DC 24 V = 1 buah.
- Jumlah katup 6 mm = 2 buah.
- Jumlah katup 2 cm = 3 buah.
- Kontrol pencampuran nutrisi = 1 buah mikrokontroler Arduino Mega.

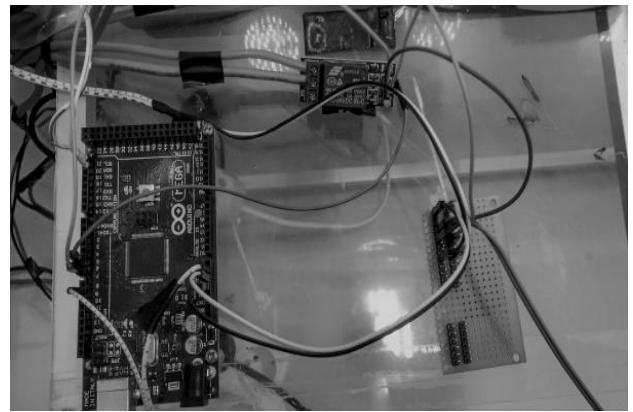
- Pengkondisi Udara yang telah dirakit berdasarkan komponen elektronika pendukung (kondensor, kompresor, modul *indoor*, kipas *indoor* dan *outdoor*, freon, body outline, pipa *in* dan *out* serta kabel *in* dan *out*).
- Lampu Pijar.
- *Humidifier* sebanyak = 1 buah.
- Pot *Rectangular*.
- Timba dan Tangki air.
- Sensor Modul SHT11.
- Sensor EC.
- Sensor pH.
- Benih tanaman tomat ceri.
- Kontrol wadah hidroponik = 1 buah mikrokontroler Arduino Mega.
- Rangka mekanik pada penelitian ini menggunakan bahan aluminium.

Gbr 9 merupakan dokumentasi mekanik pada penelitian ini:

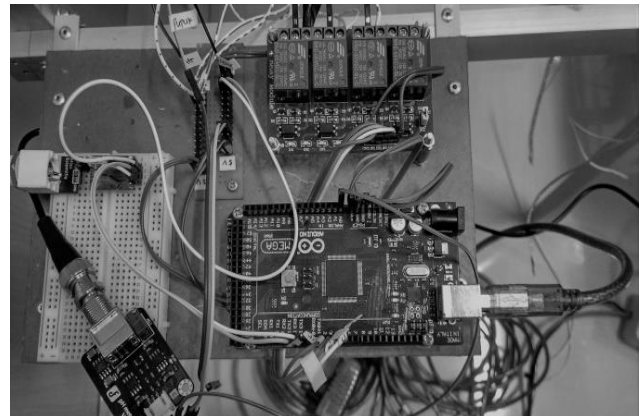


Gbr. 9 Sistem Otomasi Budidaya Tanaman Tomat Ceri

Rangkaian sistem mikrokontroler pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu mikrokontroler untuk pengaturan suhu dan kelembaban seperti yang ditunjukkan pada Gbr 10, sedangkan rangkaian mikrokontroler pada sistem pengaturan EC dan pH ditunjukkan pada Gbr 11.



Gbr. 10 Rangkaian mikrokontroler untuk mengatur suhu dan kelembaban.



Gbr. 11 Rangkaian mikrokontroler untuk mengatur EC dan pH.

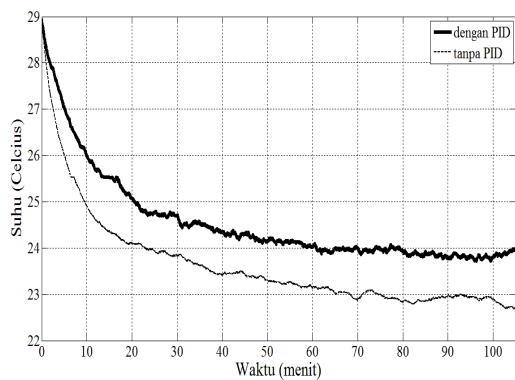
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa hal yang menjadi hasil dari penelitian ini antara lain pengendalian suhu, kelembaban, pH dan EC. Masing-masing pengendalian memiliki fungsi khusus pada sistem, dimana seluruh kendali ini diintegrasikan menjadi sistem hidroponik *wick* otomatis untuk budidaya pembibitan tomat ceri dari biji tomat menjadi bibit tanaman yang siap untuk dikembangkan lebih lanjut.

##### A. Pengujian kendali suhu

Telah dilakukan pengujian sistem terhadap respon kendali suhu dengan *set point* 24°C selama 100 menit. Pemilihan *set point* ini karena suhu *set point* merupakan suhu budidaya tomat ceri [11]. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan antara kinerja pengkondisi udara tanpa sistem dan dengan sistem. Hasil yang didapatkan jika pengkondisi udara dikendalikan dengan sistem PID maka kestabilannya terjaga, dibandingkan jika pengendali suhu tanpa PID. Hal ini ditunjukkan pada Gbr 12.



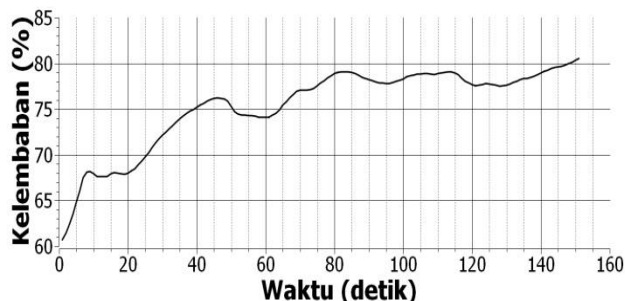


Gbr. 12 Grafik pengendalian suhu pada pengkondisi udara dengan menggunakan sistem PID dan tanpa PID.

Hasil analisis sistem menunjukkan bahwa pada sistem dengan kendali PID memiliki *settling time* selama 57 menit, sedangkan pada sistem non PID tidak memiliki *settling time*, meskipun sistem non PID memiliki *rise time* yang cepat sebesar 23 menit jika dibandingkan sistem PID yang bisa mencapai suhu 24°C dalam waktu 60 menit. Kelebihan sistem PID yang lain adalah nilai *overshoot* hanya sebesar 1,17 %, hal ini jauh lebih baik jika dibandingkan dengan sistem non PID sebesar 5,5%. Pengaturan ini dilakukan dengan menerapkan parameter Kp, Ki, Kd sebesar 3, 2, dan 10 [11].

### B. Pengujian kendali kelembaban

Pengujian kelembaban dilakukan untuk mengetahui respon *humidifier* yang diterapkan pada penelitian ini. Jika kelembaban tidak dikendalikan, nilai kelembaban tidak akan sesuai dengan kelembaban untuk tanaman tomat ceri. Kelembaban normal pada ruang tanam tanpa menggunakan sistem ini adalah sebesar 61% dan hal ini tidak sesuai dengan kelembaban untuk budidaya tomat ceri, karena kelembaban yang dibutuhkan untuk budidaya tomat ceri sebesar 80% [5]. Telah dilakukan pengujian pengaturan kelembaban dengan nilai kelembaban awal sebesar 61%. Hasilnya *humidifier* pada penelitian ini mampu mencapai kelembaban 80% pada saat 150 detik. Setelah kelembaban tercapai, *relay* akan mati. Gbr 13 merupakan hasil uji coba respon *humidifier* dalam merespon perubahan kelembaban menuju *set point*.



Gbr. 13 Grafik hasil uji coba kelembaban.

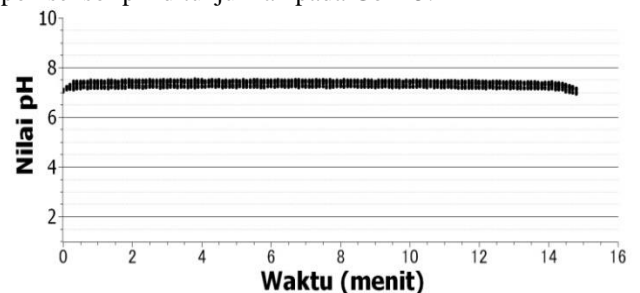
### C. Pengujian kendali pH

Kendali pH dilakukan setelah kondisi kelembaban sistem tercapai. Kendali pH ini dilakukan untuk mengontrol kondisi nutrisi pada wadah hidroponik. Nutrisi yang dibutuhkan pada tomat ceri memiliki pH sebesar 5,5-6,5 [13]. Jika nilai pH kurang dari 5,5 atau lebih dari 6,5 akan menyebabkan kualitas tanaman menurun bahkan kematian karena tanaman bisa membusuk. Sebelum digunakan untuk mengontrol kondisi wadah hidroponik, sensor pH dikalibrasi terlebih dahulu, supaya memiliki ketepatan antara kondisi *real* dan hasil pembacaan sensor. Pengujian kalibrasi dilakukan dengan menggunakan larutan *buffer* pH 7. Pengamatan nilai pH dilakukan dengan membandingkan nilai yang terdapat pada pH meter dengan nilai yang dibaca sensor pH. Pengambilan beberapa nilai awal pH dengan mempertimbangkan kestabilan nilai tegangan, dilakukan untuk membuat persamaan linier. Penelitian ini menggunakan persamaan yang mengacu pada (2), yaitu persamaan linier untuk pembacaan sensor pH:

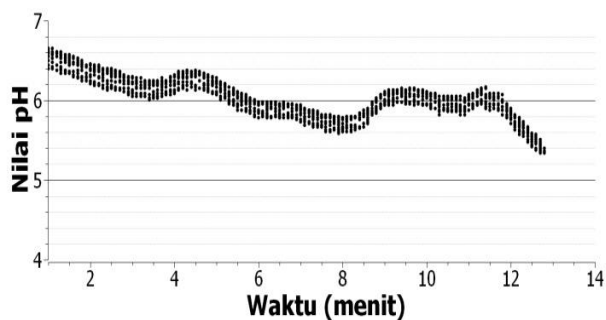
$$pH = (6,0465 * teg) - 5,4139 \quad (2)$$

di mana variabel *teg* merupakan nilai tegangan masukan. Nilai tegangan masukan ini dikalikan dengan konstanta 6.0465, setelah itu dikurangi dengan 5,4139. Nilai-nilai konstanta ini didapatkan dari hasil uji coba sensor. Hasil uji coba sensor untuk nilai pH 7 ditunjukkan pada Gbr 14. Telah diuji pembacaan nilai sensor selama 15 menit, dan hasilnya pembacaan nilai sensor pH stabil pada *range* 6,92-7,52. Besarnya rata-rata kesalahan pembacaan sensor sebesar 34,22%. Hal ini disebabkan karena ketidakstabilan nilai tegangan dan sensor pH yang digunakan yaitu Analog pH meter Kit DF Robot memiliki karakteristik nilai nol pH meter sebesar 6,25-7,25.

Pengujian sensor pH selanjutnya digunakan untuk melihat respon sensor. Uji coba ini dilakukan pada nutrisi yang terdapat pada wadah hidroponik, untuk melihat respon sensor pH. Jika sensor pH membaca nilai pH kurang dari 5,5 maka *relay* menyala dan membuka katup wadah hidroponik untuk melakukan pengurasan wadah dan mengganti nutrisi baru secara otomatis. Telah dilakukan perlakuan untuk menguji respon sensor pH, yaitu pada wadah hidroponik diberi larutan asam dengan pH 3,4 untuk melihat perubahan pembacaan sensor. Larutan asam ini ditambahkan ke wadah hidroponik secara terus menerus dengan menggunakan sistem infus yang memiliki debit aliran 0,04 ml/detik. Respon waktu sensor pH dalam membaca perubahan nilai pH dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Sensor pH telah membaca nilai pH kurang dari 5,5. Grafik hasil uji respon sensor pH ditunjukkan pada Gbr 15.



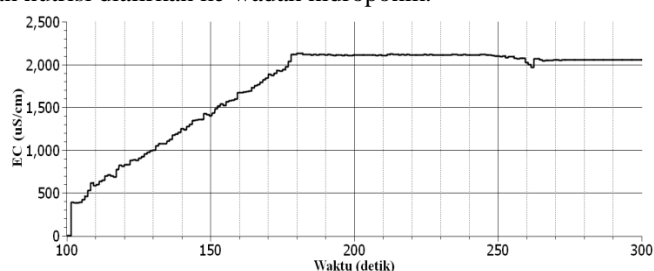
Gbr. 14 Grafik uji coba sensor dengan nilai pH = 7.



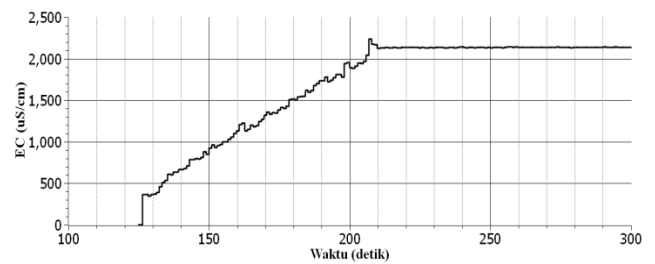
Gbr. 15 Grafik uji coba sensor dengan perlakuan penambahan larutan asam untuk mencapai pH kurang dari 5,5.

#### D. Pengujian kendali EC

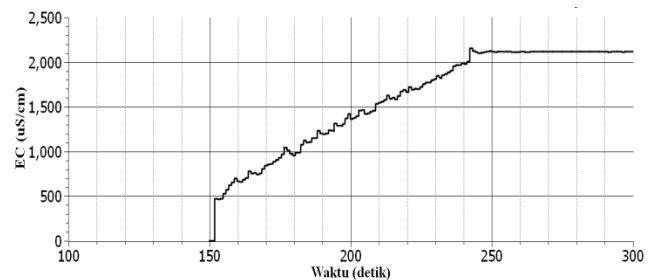
Penelitian ini juga mengendalikan nilai EC pada wadah pencampuran nutrisi, karena nilai nutrisi harus lebih dari 2000  $\mu S/cm$ . Proses pencampuran larutan akan berulang jika proses pengurusan pada wadah hidroponik telah dilakukan, karena pH pada wadah hidroponik semakin lama semakin asam. Proses pencampuran pada tandon nutrisi dilakukan secara otomatis, dimana tandon air dan tandon pupuk memiliki katup yang bisa membuka dan menutup secara otomatis. Telah dilakukan tiga kali percobaan untuk menguji respon sensor yaitu dengan perlakuan pertama katup air membuka selama 100 detik. Berdasarkan pembacaan sensor EC, nilai *set point* tercapai dalam waktu 77 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gbr 16. Perlakuan kedua, katup air membuka selama 125 detik. Hasilnya nilai pencampuran nutrisi berhasil mencapai *set point* dalam waktu 80 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gbr 17. Perlakuan ketiga dengan membuka katup air selama 150 detik, hasilnya nilai pencampuran nutrisi berhasil mencapai *set point* dalam waktu 91 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gbr 18. Berdasarkan variasi waktu, semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pencampuran menjadi nutrisi dengan nilai EC 2000  $\mu S/cm$ . Setelah nilai *set point* tercapai, proses pengadukan berhenti dan nutrisi dialirkan ke wadah hidroponik.



Gbr. 16 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan pertama di mana katup air membuka selama 100 detik.



Gbr. 17. Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan kedua di mana katup air membuka selama 125 detik.



Gbr. 18. Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan ketiga di mana katup air membuka selama 150 detik.

#### E. Pengujian Perkembangan Tanaman

Telah dilakukan pengujian terhadap perkembangan tanaman tomat ceri. Perkembangan ini dipantau dari proses peletakan biji benih tomat ceri ke tiap wadah. Pengamatan dilakukan dengan membandingkan dua kondisi, dengan sistem otomatis dan tanpa sistem otomatis. Pembibitan tanaman tomat ceri dengan sistem terjaga mulai dari suhu, kelembaban, pH nutrisi pada wadah hidroponik dan nilai EC nutrisi yang diberikan serta tambahan *grow light* sebagai pengganti cahaya matahari. Akan tetapi *grow light* pada penelitian ini bukan merupakan fokus penelitian. Sedangkan pada pembibitan tanaman tomat ceri non sistem diberi perlakuan dengan media tanam tanah, tanpa pengaturan suhu dan kelembaban serta diletakkan di luar ruangan dan langsung terkena sinar matahari. Hasil pengamatan ketinggian tanaman tomat ceri ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan pengamatan jumlah daun tanaman tomat ceri ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL I  
HASIL PENGAMATAN KETINGGIAN TANAMAN TOMAT CERI

Ming gu ke-	Ketinggian (cm)							
	Sistem				Non Sistem			
	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4
1	2	4	3	3.5	6	7.5	7	8
2	4.5	6	7.5	6.5	6	8	7.3	8
3	6	9.9	9.5	8.5	0	0	0	0

TABEL II  
HASIL PENGAMATAN JUMLAH DAUN TANAMAN TOMAT CERI

Minggu ke-	Jumlah daun (lembar)							
	Sistem				Non Sistem			
	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4
1	1	1	1	1	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	5	5	7	10	0	0	0	0

Jika diamati pada tinggi pertumbuhan biji tanaman tomat ceri selama seminggu pertama, pada tanaman dengan sistem 3,12 cm, dan pada tanaman tanpa sistem 7,12 cm. Minggu pertama tanaman yang ditanam diluar dan manual memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan tanaman hidroponik dengan sistem terintegrasi. Akan tetapi, jika diamati secara keseluruhan perkembangannya selama tiga minggu akan memberikan hasil yang kurang baik untuk tanaman tanpa sistem. Hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain: suhu udara luar yang panas berkisar hingga 34°C, kelembaban yang kurang dari 80%, dan hujan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan tanaman berdasarkan ketinggiannya sebesar 2,675 cm/minggu untuk tanaman dengan sistem hidroponik terintegrasi, dan rata-rata pertumbuhan tanaman berdasarkan ketinggiannya sebesar 0,2 cm/minggu untuk tanaman tanpa sistem, dan tanaman ini hanya bertahan selama dua minggu saja. Berdasarkan pengamatan jumlah daun tanaman tomat ceri, terdapat perbedaan jumlah daun selama pengamatan tiga minggu, pada sistem terintegrasi rata-rata penambahan jumlah daun sebanyak 2 lembar/minggu, sedangkan pada tanaman tanpa sistem rata-rata penambahan jumlah daun sebanyak 0 lembar/ minggu.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian sistem hidroponik *wick*, diperoleh beberapa hasil. Hasil pengujian kendali suhu dengan menerapkan parameter Kp, Ki, Kd sebesar 3, 2, dan 10, memiliki nilai *overshoot* 1,17%. Hasil pengujian kendali kelembaban, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *set point* 80% selama 150 detik. Hasil pengujian kendali pH menunjukkan respon waktu sensor pH dalam membaca perubahan nilai pH dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Sensor pH telah membaca nilai pH kurang dari 5,5, dan mampu mengubah kondisi *relay* untuk melakukan pengurusan wadah hidroponik. Hasil kendali EC menunjukkan bahwa berdasarkan variasi waktu, semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pencampuran menjadi nutrisi dengan nilai EC 2000  $\mu S/cm$ . Dari hasil pengujian perkembangan tanaman, didapatkan bahwa laju ketinggian tanaman tomat ceri dengan menggunakan sistem sebesar 2,675 cm/minggu, sedangkan pada tanaman tanpa sistem sebesar 0,2 cm/minggu. Berdasarkan pengamatan jumlah daun, pada tanaman tomat ceri dengan sistem memiliki perkembangan jumlah daun per

minggu sebanyak 2 lembar, sedangkan pada tanaman tomat ceri tanpa sistem sebanyak 0 lembar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih atas pendanaan Hibah Penelitian Dosen Pemula tahun 2017 dari DRPM Ditjen Penguatan Risbang, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

## REFERENSI

- Resh, H. M. 1998. *Hydroponic Food Production*. Woodbridge Press Pbl. Santa Barbara. 527 p.
- Domingues, D.S.; Takahashi, H.W.; Camara, C.A.P.; Nixdorf, S.L. 2012. "Automated System Developed to Control pH and Concentration of Nutrient Solution Evaluated in Hydroponic Lettuce Production". *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol 84. Hal 53-61.
- Dinurrohman, A., Suarni, S., Pramono, H., & Aksari, O. (2011). Aplikasi Zat Pengatur Tumbuh Pada Budidaya Tomat Cherry (*Lycopersicon esculentum* Var. Cerasifone) Secara Hidroponik. *Prosiding Seminar Nasional PERHORTI*. Bandung.
- Sastrahidayat. (1992). *Bertanam Tomat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wiryanta, B. T. W. (2002). *Bertanam Tomat*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Saa'id, M.F.; Sanuddin, A.; Megat Ali, M.S.A.; Yassin, I.M. 2015. "Automated pH Controller System for Hydroponic Cultivation". *IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*. Hal 186-190.
- Ibrahim, M. N. (2015). *Desain Sistem Kontrol Otomatik Larutan Nutrisi Berbasis Electrical Conductivity Untuk Budidaya Hidroponik Menggunakan Logika Fuzzy*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Triwidyastuti, Y., Puspasari, I., & Harianto. (2017). Kendali PID Untuk Pengaturan Suhu Pada Budidaya Tomat Ceri. *SNTEKPAN V* (p. C97). Surabaya: ITATS.
- Robot, D. (2017). *PH meter(SKU: SEN0161)*. Retrieved 2017, from DF Robot Electronic: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH\\_meter\(SKU: SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))
- Atlas Scientific LLC. 2016a. "Conductivity K 1.0 Kit". [http://www.atlascientific.com/product\\_pages/kits/ec\\_k1\\_0\\_kit.html](http://www.atlascientific.com/product_pages/kits/ec_k1_0_kit.html).
- Innovative Electronics. 2009. "Manual DT-Sense Temperature & Humidity Sensor". [http://innovativeelectronics.com/innovative\\_electronics/download\\_files/manual/Manual\\_DT-Sense\\_Temperature\\_Humidity\\_Sensor\\_rev.pdf](http://innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Manual_DT-Sense_Temperature_Humidity_Sensor_rev.pdf).
- Islandia, H. L. (2017). *Electric Solenoid Valve*. Retrieved 2017, from <https://www.electricsolenoidvalves.com/>



## Lampiran D. Publikasi

1. Telah dipublikasi “Kendali PID untuk Pengaturan Suhu pada Budidaya Hidroponik Tomat Ceri”, pada SNTEKPAN V dan telah diseminarkan pada 19 Oktober 2107.

Bukti telah diseminarkan:



2. Telah disubmit “Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri” pada jurnal nasional terakreditasi JNTETI.

Bukti telah disubmit:

A screenshot of the JNTETI website. The header features the text "JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS GADJAH MADA" and the logo "JNTETI". On the left, there is a blue sidebar menu with links: Home, Registrasi Paper, Daftar Edisi, Topik-Topik, Tanggal Penting, Template, Petunjuk Penulisan, Copyright Form, Dewan Redaksi, and Kontak Kami. The main content area has a heading "Selamat Datang" and a welcome message: "Selamat Datang di website Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI) Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada." Below this, it states: "Paper Anda berjudul Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri Disubmit pada tanggal 2017-10-27 17:03:19". At the bottom left, the ISSN numbers are listed: "E - ISSN 2460 - 5719" and "P - ISSN 2301 - 4156".

## Lampiran E. Lain- Lain (Media)

